

AUS DEM LEHRSTUHL  
FÜR UNFALLCHIRURGIE  
DIREKTOR: PROF. DR. MED. MICHAEL NERLICH  
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Hypothermie beim polytraumatisierten  
Patienten  
Entstehung und Einfluss auf das Outcome**

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin  
der  
Medizinischen Fakultät  
der Universität Regensburg

Vorgelegt von  
Julia Merkl  
2014



AUS DEM LEHRSTUHL  
FÜR UNFALLCHIRURGIE  
DIREKTOR: PROF. DR. MED. MICHAEL NERLICH  
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Hypothermie beim polytraumatisierten  
Patienten  
Entstehung und Einfluss auf das Outcome**

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin  
der  
Medizinischen Fakultät  
der Universität Regensburg

Vorgelegt von  
Julia Merkl  
2014

Dekan: Prof. Dr. Dr. Torsten Reichert

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Peter Angele

2. Berichterstatter: PD Dr. Christoph Wiese

Tag der mündlichen Prüfung: 11.03.2015

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Bedeutung des Schwerverletzen weltweit und in Deutschland	1
1.2	Definition des Polytraumas.....	3
1.3	Behandlung polytraumatisierter Patienten.....	3
1.4	Schwerverletzten Forschung und Versorgung in Deutschland.	4
1.5	Temperaturregulation bei Menschen.....	7
1.5.1	Physiologie des Wärmehaushaltes .....	7
1.5.2	Temperaturregulation beim Polytrauma .....	9
1.5.3	Folgen der Hypothermie.....	10
2	Fragestellung .....	13
3	Material und Methode .....	14
3.1	Datenerhebung.....	14
3.1.1	Datenerhebungsgebiet.....	14
3.1.2	Datenbanken .....	15
3.1.3	Datengewinnung .....	16
3.1.4	Einschlusskriterien .....	18
3.2	Scoresysteme und Klassifikationen.....	18
3.2.1	Temperaturklassifikation .....	18
3.2.2	Anatomische Scores .....	19
3.2.3	Physiologische Scores .....	21
3.2.4	Kombinationsscores.....	23
3.2.5	Weitere Klassifikationssysteme .....	26
3.3	Verwendete Variablen.....	29
3.3.1	Personenbezogene Variablen und Versorgungszeiten .....	29
3.3.2	Umweltbezogene Variablen.....	34
3.4	Programme und Statistik .....	34
3.4.1	Verwendete Programme.....	34
3.4.2	Verwendete Statistik .....	34
4	Ergebnisse.....	36
4.1	Deskriptive Analyse.....	36
4.1.1	Beschreibung des Patientenkollektivs.....	36
4.1.2	Die Körpertemperatur im Schockraum .....	46
4.1.3	Zusammenhang zwischen Hypothermie bei Einlieferung und Schockraumvariablen.....	76

4.1.4	Folgen der Hypothermie in der Notaufnahme für den weiteren Verlauf.....	80
5	Diskussion.....	125
5.1	Einleitung .....	125
5.2	Körpertemperaturverlauf im Krankenhaus und Geschlecht .	125
5.3	Körpertemperatur bei Einlieferung und Operationen .....	127
5.4	Hypothermie im Verlauf des KH-Aufenthaltes .....	127
5.5	Hypothermie im Verlauf des KH-Aufenthaltes abhängig vom Geschlecht .....	129
5.6	Einflussfaktoren auf die Körpertemperatur im SR .....	131
5.6.1	Verletzungsschwere.....	131
5.6.2	Alter.....	132
5.6.3	BMI .....	133
5.6.4	Jahreszeit und Tageszeit .....	134
5.6.5	Zuverlegung.....	135
5.6.6	Präklinische Dauer und technische Rettung.....	136
5.6.7	Transportart .....	137
5.7	Einflüsse der Temperatur auf den weiteren Verlauf.....	138
5.7.1	Vitalparameter.....	138
5.7.2	Volumengabe .....	139
5.7.3	Medikamente und Intubation .....	141
5.7.4	Werte aus BGA und Labor .....	142
5.7.5	Liegendauer und Intubationstage.....	145
5.7.6	Komplikationen.....	145
5.7.7	Mortalität und Outcome .....	148
5.8	Ausblick.....	150
5.9	Zusammenfassung.....	151
6	Anhang .....	I
6.1	Literaturverzeichnis.....	I
6.2	Datenerhebungsbögen.....	VII
6.3	Danksagung.....	XII
6.4	Curriculum vitae .....	XIII

## 1 Einleitung

„Road Safety is no Accident“. Unter diesem Motto fand am 7.4.2004 erstmals der „World Health Day“ der WHO in Paris statt. Während dessen machten die Gesundheitsexperten darauf aufmerksam, dass die unzureichende Sicherheit im Straßenverkehr und die dadurch bedingten, weltweit steigenden Zahlen der Verkehrsunfälle das Leben und die Gesundheit der Menschen weit mehr bedrohen als viele bedeutende Krankheiten.[1]



Abb. 1: Verkehrsunfall bei Großberg; Quelle: Staudinger Presse[2][2]

### 1.1 Bedeutung des Schwerverletzen weltweit und in Deutschland

Jedes Jahr sterben auf der ganzen Welt ca. 5,8 Mio. Menschen durch Unfälle verschiedenster Art. Ca. 1,2 Mio. Todesfälle sowie 50 Mio. teils schwere Verletzungen lassen sich auf Verkehrsunfälle zurückführen [3]. Gerade Länder mit niedrigem und mittlerem Einkommen sind hiervon besonders schwer betroffen. So ereignen sich 90% der Straßenverkehrsunfälle allein in Entwicklungsländern, die zwar 81% der Weltbevölkerung ausmachen, aber nur 20% der motorisierten Verkehrsmittel besitzen[3]. Laut WHO wird die Zahl der tödlichen Verkehrsunfälle in Entwicklungsländern bis 2020 um etwa 83% steigen, während sie in den Industrienationen um etwa 27% abnehmen wird [3].

Nichtsdestotrotz kommt auch in Deutschland den Schwerverletzten eine zentrale Bedeutung im Gesundheitssystem zu. Jährlich ereignen sich rund 580000 registrierte Unfälle in verschiedenen Bereichen, wovon im Jahr 2001 34.201 tödlich endeten. Die Zahl der im Straßenverkehr Getöteten fiel in den letzten knapp 40 Jahren fast kontinuierlich von ca. 20.000 im Jahr 1970 auf derzeit noch ca. 5.000. Dabei nahm aber die Zahl der zulassungspflichtigen Fahrzeuge von ca. 17 Mio. auf knapp 60 Mio. stetig zu. Das Trauma stellt auch in Deutschland bis zum 45. Lebensjahr die Todesursache

## Einleitung

Nummer eins dar. Durch Unfälle gehen mehr Lebensjahre verloren als durch Krebs und Herz-Kreislaufversagen zusammen. Vergleiche Abb. 2 und 3.[4]

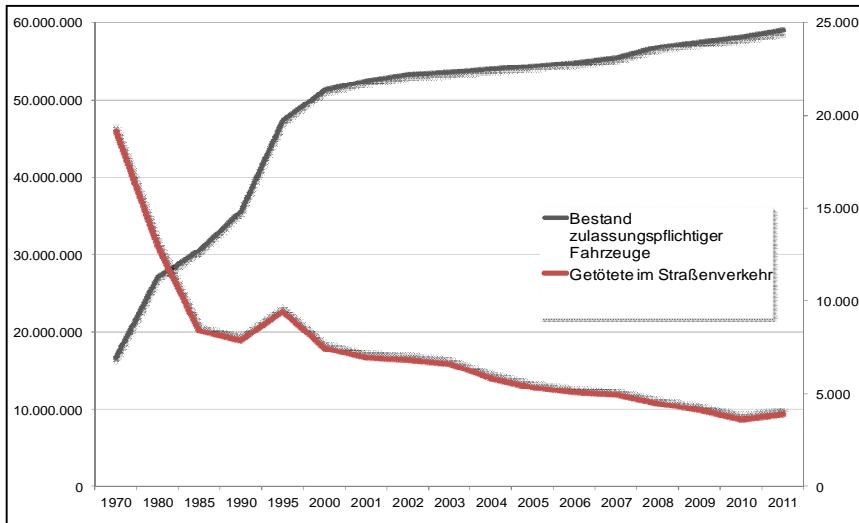


Abb. 2: Anzahl der Getöteten im Straßenverkehr und Bestand der zulassungspflichtigen Fahrzeuge; Quelle: Statistisches Bundesamt

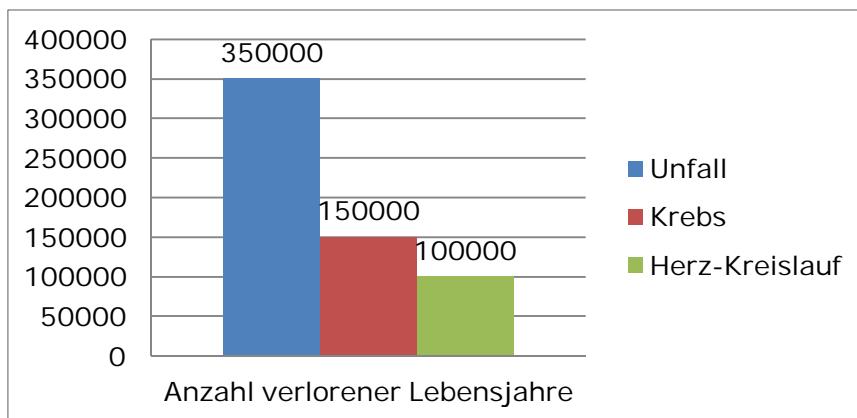


Abb. 3: Anzahl der pro Jahr in Deutschland durch Unfälle, Krebs und Herz-Kreislaufversagen verlorenen Lebensjahre; Quelle: [www.traumaregister.de](http://www.traumaregister.de)

Auch die ökonomischen Auswirkungen sind massiv. Der durch Verkehrsunfälle verursachte Schaden wird gegenwärtig in Europa auf 9,9 Milliarden US-Dollar, in Asien auf 24,5 Milliarden US-Dollar, sowie in Afrika auf 3,7 Milliarden US-Dollar pro Jahr geschätzt. Für Länder mit niedrigem bzw. mittlerem Einkommen liegen die damit verbundenen Ausgaben demzufolge sogar höher als deren jährliche Entwicklungshilfe [5]. In Deutschland schätzt man die Kosten durch direkte bzw. indirekte Unfallfolgen auf ca. 50 Milliarden Euro jährlich [4]. Nach einer Untersuchung der Bundesanstalt für Straßenwesen mussten 2004 im Rahmen von Verkehrsunfällen für Personenschäden 15,24 Milliarden und für Sachschäden 15,69 Milliarden bezahlt werden. Der einzelne Unfall mit getöteter bzw. schwerverletzter Person kostete in Deutschland im Jahr 2004 durchschnittlich 1.161.885 Euro bzw. 87.269 Euro. [6].

### 1.2 Definition des Polytraumas

Es existieren mehrere Definitionen für diesen Begriff, die allgemein benutzt werden. Zum Einen die nach Tscherne, die besagt, dass ein Polytrauma dann vorliegt, wenn bei mindestens zwei gleichzeitig entstandenen Verletzungen wenigstens zwei Körperregionen oder Organsysteme betroffen sind und eine der Verletzungen oder die Kombination aus mehreren lebensbedrohlich ist.[7] Zum Anderen wird ein Polytrauma häufig anhand der Injury Severity Scale (ISS) definiert, die eine Verletzung ab einem ISS-Wert von mindestens 16 als Polytrauma klassifiziert. Siehe unten.[8]

### 1.3 Behandlung polytraumatisierter Patienten

Bei der Behandlung polytraumatisierter Patienten existieren weltweit große qualitative Unterschiede, wobei sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen Überlebenswahrscheinlichkeit und der wirtschaftlichen Situation des jeweiligen Landes zeigt. In Ghana beträgt beispielsweise die Mortalität bei Verletzten mit einem ISS zwischen 15-24 36%, dagegen in Seattle lediglich 6% [9, 10]. Auch der Grad der Behinderung nach vergleichbaren Verletzungen ist in Entwicklungsländern deutlich höher. Ebenso ist der Anteil der vermeidbaren Todesfälle mit bis zu 76% [11] dort deutlich höher als in einem Level-1-Traumazentrum mit nur 7% [12]. Vgl. Abb.4.



Abb. 4: Krankenwagen in der dritten Welt; Quelle: <http://www.spassfieber.de>

Allerdings ist auch in Deutschland die Qualität der Schwerverletztenversorgung sehr inhomogen. Dementsprechend zeigen beispielsweise die Berichte des statistischen Bundesamtes, dass die Rate an tödlichen Verkehrsunfällen in verschiedenen Bundesländern stark variiert. Die Versterbensrate beträgt nach Verkehrsunfällen mit Personenschäden in Mecklenburg-Vorpommern 2,7% gegenüber 1,1% in Nordrhein-Westfalen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Versorgungsfläche für ein Krankenhaus in Mecklenburg-Vorpommern 4634 km<sup>2</sup> und in Nordrhein-Westfalen nur 541 km<sup>2</sup> beträgt. Aber auch innerhalb der teilnehmenden Krankenhäuser lassen sich anhand der Daten des Traumaregisters

der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie deutliche Unterschiede in den Letalitätsraten nach schwerem Trauma feststellen[13]. Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, dass der Optimierung der Polytraumaversorgung weltweit, insbesondere aber auch in Deutschland, eine zentrale Bedeutung in der Gesundheitsversorgung zukommt.

Im Folgenden werden zunächst die Strukturen der Versorgung sowie der Datenerfassung in Deutschland erläutert, die die Grundlage der reibungslosen Versorgung schwerverletzter Patienten darstellen.

### **1.4 Schwerverletzten Forschung und Versorgung in Deutschland**

Die Untersuchungen von Verkehrsunfällen in Deutschland lassen sich lange zurückverfolgen. Bereits in den Jahren 1937 und 1938 begann die Auto Union, heute AUDI AG, in ersten Crashtests das Deformationsverhalten einer gerade entwickelten Kunststoffkarosserie zu untersuchen.



**Abb. 5: Frühe Crashtests; Quelle: [www.welt.de](http://www.welt.de)**

Nach dem zweiten Weltkrieg betrieben einige Unternehmen selbstständig Unfallforschung. So führte etwa Mercedes-Benz ab 1959 eigene Crashtests durch.[14] Vgl. Abb. 5. Ab 1970 initiierten deutsche Automobilhersteller erste „In-Depth Investigation Teams“ zur Datenerhebung unmittelbar an der Unfallstelle. 1973 rief die Bundesanstalt für Straßenwesen an der Medizinischen Hochschule Hannover in der Abteilung von Prof. Harald Tscherne ein unabhängiges Team zur Unfallforschung im Großraum Hannover ins Leben. Die Auswahl der Unfälle erfolgte hierbei nach einem statistischen Stichprobenplan. Es resultierte eine große Datenbank mit medizinischen und technischen Werten.[15, 16]. 1999 wurde dann in Kooperation der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) mit der Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT) sowie der Technischen Universität Dresden das Datenerhebungsgebiet um den

## Einleitung

Großraum Dresden erweitert. Die Untersuchung der Verkehrsunfälle sowie die Datenerfassung wurden nach denselben Gesichtspunkten unter dem Namen „German In-Depth Accident Study“ (GIDAS) auf dem nun vergrößerten Erhebungsgebiet fortgesetzt. [15, 16]

Gegenwärtig laufen einige Projekte von Automobilherstellern mit Krankenhäusern, die der Gewinnung von technischen und medizinischen Daten im Zusammenhang mit Verkehrsunfällen dienen. Beispielsweise besteht eine Zusammenarbeit des Universitätsklinikums Regensburg mit der Audi AG Ingolstadt und dem Bayerischen Staatsministerium des Inneren unter dem Namen „Audi Accident Research Unit“. [16]

Weiterhin gründete die Arbeitsgemeinschaft Polytrauma der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) 1993 das „TraumaRegister der DGU“, mit dem Ziel flächendeckende Daten zur Verbesserung der Versorgungsqualität Schwerverletzter vom Unfallort bis zur Rehabilitation zu erheben. Siehe unten. [4].

Erstmals erschien 1997 eine Veröffentlichung der DGU mit „Empfehlungen zur Struktur, Organisation und Ausstattung der präklinischen und klinischen Versorgung“ von Traumapatienten in Deutschland. [17] Diese Leitlinien wurden anhand der Daten aus dem Traumaregister überarbeitet und in Form des sogenannten „Weißbuch der Schwerverletztenversorgung“ im Jahr 2006 von der DGU publiziert. Anhand dessen entwickelte die DGU 2006 das deutschlandweite sogenannte „TraumaNetzwerk DGU“, welches wiederum aus regionalen Traumanetzwerken mit dreistufiger Gliederung besteht. [18] Vgl. Abb.6.

Diese beinhalten zum Einen Einrichtungen der Basisversorgung („lokale TraumaZentren“), die die chirurgische Notfallversorgung sicherstellen. Außerdem arbeiten diese mit übergeordneten Zentren zusammen und übernehmen bei geeigneten Verletzungsmustern und in entsprechenden Phasen des Heilungsverlaufes die Versorgung der Schwerverletzten, orientiert an ihrem jeweiligen Leistungsspektrum und den lokalen Voraussetzungen. [19]

Zum anderen existieren „regionale TraumaZentren“, die Teil der Schwerpunktversorgung sind. Diese sorgen für eine umfangreiche Notfallversorgung und benötigen je nach Leistungsspektrum und regionalen Voraussetzungen eine bestimmte Vorhaltung an Fachdisziplinen zur endgültigen Schwerverletztenversorgung sowie ausreichende Intensiv- und Operationskapazitäten. Ein solches Zentrum kann auch durch die kollektive Nutzung von sachlichen und personellen Strukturen zweier nicht weit voneinander entfernter Krankenhäuser entstehen. [19]

Zuletzt gibt es „überregionale TraumaZentren“, die Häuser der Maximalversorgung darstellen. Diese sind für die interdisziplinäre

## Einleitung

Versorgung jedes Schwerverletzten, insbesondere mit speziellen Verletzungsmustern oder –folgen, verantwortlich. Voraussetzung ist die rund um die Uhr sichergestellte Verfügbarkeit von ausreichend Intensiv- und Operationskapazitäten sowie aller notwendiger Fachdisziplinen, einschließlich derer, die für komplexe Wiederherstellungsverfahren notwendig sind. Außerdem gehört die Fort- und Weiterentwicklung des Katastrophenschutzes, die Bewältigung von Großschadensereignissen und des Massenanfalls an Verletzten zu deren Aufgaben.[19]

Das Weißbuch legt klare Entscheidungskriterien für den Notarzt für die Zuweisung zur entsprechenden Einrichtung anhand der Verletzung und deren Schwere fest. So soll bei Lebensbedrohung und Entfernung von mehr als 30 Minuten zu einem regionalen oder überregionalen Traumazentrum schnellst möglich das nächstgelegene lokale TraumaZentrum angefahren werden. Auf diese Weise kann eine bestmögliche Versorgung unter Nutzung aller Gegebenheiten gewährleistet werden. Die Grundvoraussetzung für eine reibungslose Zusammenarbeit ist die Kommunikation zwischen den beteiligten Kliniken, zum einen direkt über ein Notfalltelefon, zum anderen auch durch die Übermittlung radiologischer Bilder mittels Telemedizin[19]. Bis 2009 beteiligten sich 754 Kliniken, also ein Großteil aller bei der Versorgung Schwerverletzter involvierter Einrichtungen, am TraumaNetzwerk DGU, wodurch 51 regionale TraumaNetzwerke, u.a. das TraumaNetzwerk Ostbayern (TNO), entstanden. Weltweit gibt es kein vergleichbares Netzwerk.[18]

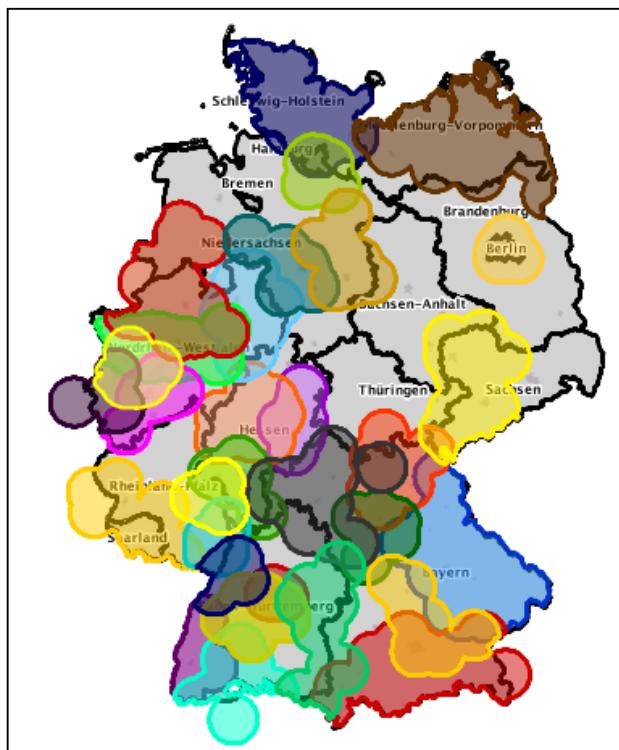


Abb. 6: Regionale Traumanetzwerke im TraumaNetzwerk DGU; Quelle: [www.dgu-traumanetzwerk.de](http://www.dgu-traumanetzwerk.de)

## 1.5 Temperaturregulation bei Menschen

### 1.5.1 Physiologie des Wärmehaushaltes

#### 1.5.1.1 Körpertemperatur und physiologisch Schwankungen

In dieser Arbeit sollen besonders die Ursachen und Folgen einer Hypothermie beim Schwerstverletzten analysiert werden. Daher werden nun im Folgenden die relevanten, physiologischen Grundlagen der Thermoregulation erläutert. Der Mensch zählt zu den homioothermen, also gleichwarmen, Lebewesen. Die Körpertemperatur wird somit unabhängig von der Umgebungstemperatur sehr stabil um  $37^{\circ}\text{C}$  reguliert. Sie kann in Kern- und Schalentemperatur untergliedert werden.[20] Der Körperkern besteht aus Rumpf- und Kopfinnern, die Schale aus der Haut sowie wechselnden Bestandteilen der Extremitäten. Ein Großteil der menschlichen Wärmeproduktion läuft im Zentrum des Körpers sowie den Körperhöhlen ab.[20] Dadurch entsteht eine Temperaturdifferenz zwischen Zentrum und Oberfläche. Bildet man den Temperaturverlauf in Form von Isothermen ab, so findet man entlang der Extremitäten ein radiales Gefälle, von zentral nach oberflächlich, und ein axiales Gefälle, von proximal nach distal, abhängig von der Umgebungstemperatur. Vgl Abb. 7. [20] Weiterhin unterliegt die Körperkerntemperatur physiologischen Alterationen. Zunächst liegt eine zirkadiane Rhythmik, mit einem Minimum in den frühen Morgenstunden sowie einem Maximum spät abends, vor, die zwischen  $0,5^{\circ}\text{C}$  und  $1^{\circ}\text{C}$  beträgt. Außerdem kommt es bei Frauen zu einer zyklusabhängigen Schwankung von  $0,4\text{-}0,5^{\circ}\text{C}$ . Dabei steigt die Temperatur mit dem Eisprung durch Progesteronwirkung auf den Hypothalamus an und fällt erst bei der folgenden Menstruation wieder ab.[20] Zusätzlich steht die Körperkerntemperatur auch in Zusammenhang mit Emotionen und körperlicher Arbeit. Emotionen sowie leichte körperlich Belastung können eine Temperaturerhöhung von ca.  $0,5^{\circ}\text{C}$  nach sich ziehen, während schwere Arbeit sogar zu einer Steigerung der Temperatur um  $1\text{-}2^{\circ}\text{C}$  führen kann.[20]

#### 1.5.1.2 Der Regelkreis

Die Thermoregulation erfolgt mittels eines Regelkreises in Form von negativer Rückkopplung. Die Weiterleitung des Ist-Zustandes nach zentral erfolgt durch Thermosensoren. Diese sind in der Haut, zur Messung der Schalentemperatur, sowie im Inneren des Körpers, zur Messung der Kerntemperatur, v.a. im vorderen Hypothalamus, in der regio praopticæ, in der hinteren Bauchhöhle, in der Muskulatur, im unteren Hirnstamm und im zervikalen Rückenmark, lokalisiert.[20, 21] Diese Informationen werden von thermoregulatorischen Neuronen im hinteren Hypothalamus weiterverarbeitet, die dann, im Falle einer Differenz zum Sollwert, eine Gegenregulation einleiten. Stellglieder hierfür sind der Tonus der Hautgefäß, die

Schweißproduktion sowie die innere Wärmebildung. Ziel ist es, schon bei minimalen Abweichungen des Istwertes der Schalentemperatur vom Sollwert, eine frühzeitige Reaktion einzuleiten und so Schwankungen der Kerntemperatur zu verhindern.[20] Die Körpertemperatur wird beim Menschen durch Steigerung bzw. Reduktion sowohl der stoffwechselabhängigen Wärmeproduktion als auch der Wärmeabgabe an die Umwelt reguliert.

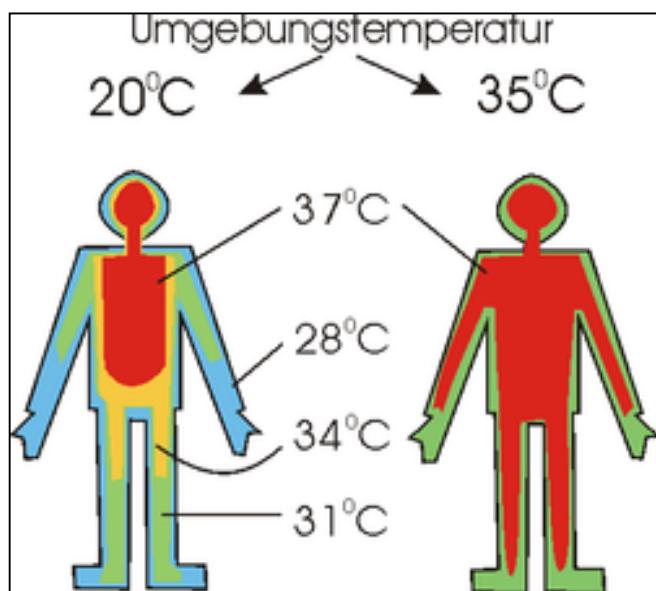


Abb. 7: Temperaturfeld beim unbekleideten Körper in Form von Isothermen in warmer sowie kalter Umgebung, Quelle: Wikipedia nach Aschoff, 1971

Die Wärmeabgabe erfolgt besonders über die Haut und die Lunge auf vier Arten.[20] Zum Ersten durch Evaporation, also Wasserverdunstung, zum Zweiten durch Konvektion, in Form von Wärmeabgabe an Zugluft, zum Dritten durch Konduktion, d.h. durch direkte Wärmeleitung, und zum Vierten durch Radiation, was einer Wärmeabstrahlung entspricht.[22] Bei der Weiterleitung der überschüssigen Wärme zur Körperoberfläche, welche v.a. durch Konduktion geschieht, kommt der Durchblutung der Akren eine tragende Rolle zu. Die Blutversorgung kann hier durch Vasodilatation bzw. Vasokonstriktion der jeweiligen Umgebung angepasst werden und so entweder die Wärmeabgabe erleichtern oder erschweren.[20] Der Blutfluss der Finger kann um den Faktor 1:600 zwischen kalter und warmer Umgebung verändert werden.[20] Die thermische Neutralzone des Menschen, also der Bereich, in dem ein minimale Wärmeproduktion und noch kein Schwitzen erfolgt, befindet sich beim unbekleideten Erwachsenen, bei 50% relativer Luftfeuchtigkeit sowie ohne Wind, im Bereich von 28-30°C.[20] Erhöht sich die Umgebungstemperatur, so kommt es, wegen der zentralen Gegenregulation, zu einer aktiven Vasodilatation sowie zunehmender Schweißsekretion. Ein leichter Abfall dagegen bewirkt, eine aktive Vasokonstriktion sowie eine Zunahme des gesamten Muskeltonus.[20, 21] Ein noch weiteres Absinken der Temperatur

zieht ein unwillkürliches Muskelkältezittern nach sich, was die Wärmeproduktion beim Erwachsenen allerdings nur um etwa 200-300% des Ruhewertes erhöhen kann.[21] Zum Vergleich kann unter maximaler, körperlicher Belastung der Anteil der Muskulatur an der Wärmeproduktion auf 90% der Gesamthitzebildung um das 10-fache des Ruhewertes gesteigert werden.[20] Diese Gegenregulationsmechanismen sorgen für einen gesteigerten Sauerstoffverbrauch.[23] Die Fähigkeit zu diesem sog. Shivering fehlt Neugeboren völlig und braucht einige Jahre bis sie vollständig ausgebildet ist. Bei Kleinkindern findet im Gegensatz zu Erwachsenen der Großteil der Wärmebildung im mitochondrienreichen, braunen Fettgewebe statt.[20] Bei älteren Personen funktioniert die Temperaturregulation nicht mehr so gut wie bei jüngeren, was sie besonders anfällig für Hypothermie macht. Außerdem wird die Haut mit zunehmendem Alter dünner, was eine schlechtere Isolation zur Folge hat. [21, 24] Auch kleine Kinder sind besonders gefährdet auszukühlen, weil sie im Vergleich zum Körpervolumen eine relativ größere Körperoberfläche haben als Erwachsene und so leichter an Wärme verlieren, obwohl die Regulationsmechanismen intakt sind. Außerdem ist die isolierende Schicht, nämlich das Fettpolster, gerade bei Neugeborenen deutlich dünner.[20, 21]

### 1.5.2 Temperaturregulation beim Polytrauma

Schwerverletzte Patienten liegen häufig längere Zeit, immobil und ohne ausreichende Wärmeerhaltungsmaßnahmen, in kalter Umgebung. Sie sind oft unbekleidet und bekommen mitunter ungewärmte Infusionslösungen.[23] So kann die Gabe von 2l kristalloider Infusion von 18°C einen Abfall der Körperkerntemperatur um 0,6°C verursachen.[25] Die Umgebungstemperatur liegt dabei meist außerhalb der thermoneutralen Zone, was beim Gesunden, neben einer Verminderung der Wärmeabgabe, auch eine gesteigerte endogene Wärmeproduktion nach sich ziehen und damit den Wärmeverlust wieder ausgleichen würde. Das hätte allerdings eine deutliche Erhöhung des Sauerstoffbedarfs zur Folge.[23] Beim Schwerstverletzten entsteht häufig ein Schockzustand mit reduzierter Gewebeperfusion durch niedrigen Blutdruck, was dann mit einer Reduktion des Sauerstoffangebotes gleichbedeutend ist.[23] Damit kann der erhöhte Sauerstoffbedarf, der zur verstärkten Wärmebildung nötig wäre, nicht gedeckt werden und der Wärmeverlust dadurch nicht ausgeglichen werden, es kommt zur zunehmenden Auskühlung.[23] Die akzidentielle Hypothermie kommt also einer Stressreaktion mit dem Aufbrauch der physiologischen Reserven gleich.[26] Außerdem verursacht das Verabreichen von Narkosemedikamenten, wie Opiaten, Propofol, Muskelrelaxantien oder volatilen Anästhetika, eine dosisabhängige Einschränkung der Temperaturkontrollmechanismen.[21, 23] Dabei kann die Regulationsschwelle, für zu hohe Temperaturen um 1°C

heraufgesetzt, für zu niedrige Temperaturen sogar um bis zu 3°C heruntergesetzt werden.[21] Somit vergrößert sich das Intervall, in dem keine aktive Temperaturgegenregulierung erfolgt, auf bis zu 4°C, was zu drastischen Temperaturschwankungen sowie einer deutlich erhöhten Anfälligkeit für Unterkühlung führen kann.[21] Verstärkt werden kann die Auskühlung durch Intoxikationen, hohes Alter bzw. niedriges Alter, Verbrennungen oder auch durch eine zentrale Regulationsstörung nach Schädel-Hirn-Trauma.[21, 25, 27, 28]

### 1.5.3 Folgen der Hypothermie

Abnehmende Körperkerntemperaturen führen zu einer zunehmenden Reduktion von Stoffwechselvorgängen, von Organfunktionen sowie der Vigilanz. Es entsteht eine Verringerung des Glukose- und Sauerstoffbedarfs. 1°C Temperaturabfall geht mit 5-7% weniger Verbrauch einher.[29] Bei einer milden Hypothermie, bis 34°C, zeigt sich zunächst eine sympathikoadrenerge Gegenregulation mit Katecholaminanstieg und starkem Shivering. Dabei kommt es zu einer starken Vasokonstriktion, zu einer Steigerung des Herzauswurfs, zu einer Tachykardie, zu einer Tachypnoe und es kann bereits eine Kälteidiurese auftreten. Diese entsteht durch eine verminderte Ausschüttung von ADH, bei einer Zunahme des zentralen Blutvolumens durch periphere Vasokonstriktion. [25, 30] Bei einer moderaten Hypothermie, zwischen 32 und 34°C, wird das Shivering langsam weniger und es entwickelt sich eine progrediente Eintrübung des Bewusstseins des Patienten. Es kommt zu einer Abnahme des Herzauswurfs, sowie zu einer zunehmenden Bradykardie. Außerdem nimmt die bronchiale Sekretion stark zu. Die Anfälligkeit für ventrikuläre und atriale Arrhythmien steigt.[25, 30] Bei einer weiter fortschreitenden Auskühlung kommt es nach und nach zum vollständigen Versagen der Kälteabwehrmechanismen. In dieser schweren Hypothermie sind die Organfunktionen drastisch eingeschränkt, was sich als Koma, Apnoe und Asystolie sowie im Auftreten von Dehydratation und Elektrolytstörungen, v.a. einer Hypokaliämie und Hypokalziämie, manifestiert.[25, 26, 30, 31] Weiterhin verursacht eine Hypothermie eine temperaturabhängige Linksverschiebung der Sauerstoffbindungskurve des Hämoglobins, mit daraus resultierender geringerer Sauerstoffverfügbarkeit im Gewebe, eine ausgeprägte Vasokonstriktion, ein Ventilations-Perfusions-Ungleichgewicht und eine erhöhte Blutviskosität.[25] In der Hypothermie steigt die Löslichkeit von Gasen im Blut an, wodurch deren Partialdruck abnimmt. Der Abfall des paCO<sub>2</sub> bei konstanter Bikarbonatkonzentration verursacht somit einen pH-Anstieg, also eine metabolische Alkalose. Bei schlechterer Kreislaufsituation, mit schlechter peripherer Perfusion, wie häufig beim Polytrauma, kann es aber auch zu einer metabolischen Azidose, mit einem erhöhten Laktat und einer niedrigen ATP-Konzentration, kommen.[25] Zusätzlich

## Einleitung

kommt es häufig zu einer hypothermiebedingten Insulinresistenz mit Hyperglykämie.[31]

Es konnte in einer Mehrzahl aller Studien gezeigt werden, dass eine Hypothermie auch die Zytokinkonzentration im Blut zu beeinflussen scheint. So hemmt sie die Synthese von proinflammatorischen Zytokinen, wie IL-6, und steigert die Bildung von antiinflammatorischen Zytokinen, wie IL-10. Vermutlich geschieht dies durch eine vermehrte Glukokortikoidbildung sowie eine Reduktion deren Abbaus.[23] Dies kann eine proinflammatorische Reaktion im Körper verhindern und so eine damit verbundene Organschädigung dezimieren, aber ebenso zu einer Immunsuppression führen.[23, 28]

Bei vielen Polytraumapatienten entwickelt sich eine sogenannte „tödliche Triade“, welche aus den drei Faktoren Hypothermie, Azidose und Koagulopathie besteht, und die Prognose deutlich verschlechtert.[32]

Die Koagulationsstörung kommt zunächst durch eine Verlust-, eine Verbrauchs- sowie eine Dilutionskoagulopathie zustande und wird durch Hypothermie, Azidose, Hypokalzämie, Anämie sowie Hyperfibrinolyse verstärkt.[33]

Die Hypothermie beeinflusst die Gerinnung v.a. durch Beeinträchtigung der Thrombozytenfunktionsfähigkeit und durch eine Verlangsamung der enzymatischen Reaktionsgeschwindigkeit in der Gerinnungskaskade.[23] Daraus resultieren eine verlängerte PTT sowie ein erniedrigter Quick-Wert. Bis zu einer Körperkerntemperatur von 33°C scheint dabei v.a. die Thrombozytenadhäsion sowie deren Aggregation beeinträchtigt zu sein, bei noch niedrigeren Temperaturen zusätzlich auch, in klinisch relevanter Weise, die plasmatische Gerinnung.[34] Ein signifikanter Unterschied in der Gerinnungsfunktion von Unterkühlten und nicht Unterkühlten konnte jedoch erst bei einer Körperkerntemperatur von unter 34°C nachgewiesen werden.[35] Auch die Freisetzung eines heparinähnlichen Faktors aus Mastzellen sowie von Thromboplastin durch geschädigtes Gewebe wurde im Zusammenhang mit einer Hypothermie-assoziierten Koagulopathie beobachtet.[23] Martini et al. gelang es 2009 tierexperimentell zu zeigen, dass Hypothermie und Azidose, in ähnlicher Weise eine Reduktion der Thrombingeneration bewirken. Während Hypothermie die Initiationsphase der Thrombinbildung hemmt, beeinträchtigt die Azidose besonders die Propagationsphase.[36] Ähnlich wirken sich beide auch auf den Fibrinogenstoffwechsel aus. Hypothermie hemmt die Fibrinogensynthese, Azidose hingegen sorgt für einen vermehrten Abbau von Fibrinogen, was in beiden Fällen eine geringere Fibrinogenverfügbarkeit zur Folge hat.[36] Eine Azidose, mit pH-Wert von unter 7,2, verursacht eine Halbierung der Aktivität der

## Einleitung

plasmatischen Gerinnungsfaktoren und somit der Thrombinbildung. Eine Körperkerntemperatur von weniger als 33°C halbiert die Thrombingeneration noch einmal.[33] Obwohl die Konzentration der Gerinnungsfaktoren nicht erniedrigt war, konnten Johnston et al. zeigen, dass die Funktion diverser Gerinnungsfaktoren in der Hypothermie signifikant verringert war.[37]

Eine Hypokalzämie tritt besonders nach Zitratbelastung, aber auch hypothermiebedingt auf und kann zu einer Antikoagulation führen. Erhöhtes Zitrataufkommen kann z.B. durch zügige FFP-Gabe, durch Leberschaden oder durch verminderte Splanchnicusperfusion entstehen.[33] [31]

Die Anämie entsteht in diesem Fall sowohl durch Dilution als auch durch Blutverlust und verursacht eine weitere Reduktion des Sauerstoffangebots, indem sie die Sauerstofftransportkapazität des Blutes durch Hämoglobinverlust herabsetzt.

Die Hyperfibrinolyse scheint nach aktuellen Erkenntnissen wesentlich durch das Auftreten eines hämorrhagischen Schocks getriggert zu sein. Dem Prozess liegt eine starke Plasminaktivierung zugrunde, die zum Einen über eine vermehrte Freisetzung von Tissue Plasminogen Aktivator, zum Anderen über Protein C verursacht wird. Das dadurch bedingte Auflösen von Blutgerinnseln kann eine massive Blutungsneigung nach sich ziehen.[38]

Aufgrund dessen lässt sich ein Zusammenhang zwischen der Körpertemperatur und den Folgen von Verletzungen beim Polytrauma vermuten.

Im Folgenden sollen daher die Auswirkungen einer Hypothermie auf einen schwerverletzten Patienten untersucht werden.

## 2 Fragestellung

Die Hypothermie beim Polytrauma scheint ein prognostisch sehr ungünstiger Faktor für das Outcome der Patienten zu sein.[39] Die Diskussion über mögliche Auslöser und eventuelle Auswirkungen ist dabei allerdings noch lange nicht abgeschlossen.

Folgende Fragen lassen sich daraus ableiten:

**Welche Ursachen gibt es dafür, dass ein Patient unterkühlt im Schockraum ankommt?**

**Welche Folgen für die Weiterbehandlung in der Notaufnahme ergeben sich?**

**Welche Auswirkungen hat eine Hypothermie im Schockraum auf den weiteren Verlauf des Genesungsprozesses?**

### 3 Material und Methode

#### 3.1 Datenerhebung

##### 3.1.1 Datenerhebungsgebiet

Dieser Arbeit liegen die Daten von Schockraumpatienten des Uniklinikums Regensburg (UKR) zwischen September 2007 und Dezember 2012 zugrunde. Das Einzugsgebiet des UKR entspricht v.a. dem ostbayerischen Raum mit einer Fläche von 20000 km<sup>2</sup> und ca. 2 Mio. Einwohnern. Dieses wiederum steht in engem Zusammenhang mit dem Einsatzgebiet des dort stationierten Rettungshubschraubers. Dieser kann durch die Koordinierungszentrale für Intensivtransporte in Bayern 24 Stunden alarmiert werden und wird größtenteils für Intensivtransporte und Notfallrettungseinsätze in Ostbayern, aber auch in den angrenzenden Regionen und Ländern eingesetzt. [40] Weiterhin werden dem UKR als überregionalem TraumaZentrum im TNO Schwerverletzte aus Einrichtungen der Basisversorgung sowie regionalen TraumaZentren zuverlegt. Das TNO stellt eines von sieben regionalen TraumaNetzwerken in Bayern dar und besteht aus 25 Kliniken. Es beinhaltet zwei überregionale TraumZentren, neben dem Uniklinikum Regensburg noch das Krankenhaus der Barmherzigen Brüder in Regensburg, sowie neun regionale TraumaZentren und vierzehn Einrichtungen der Basisversorgung .[41] Vgl. Abb.8.

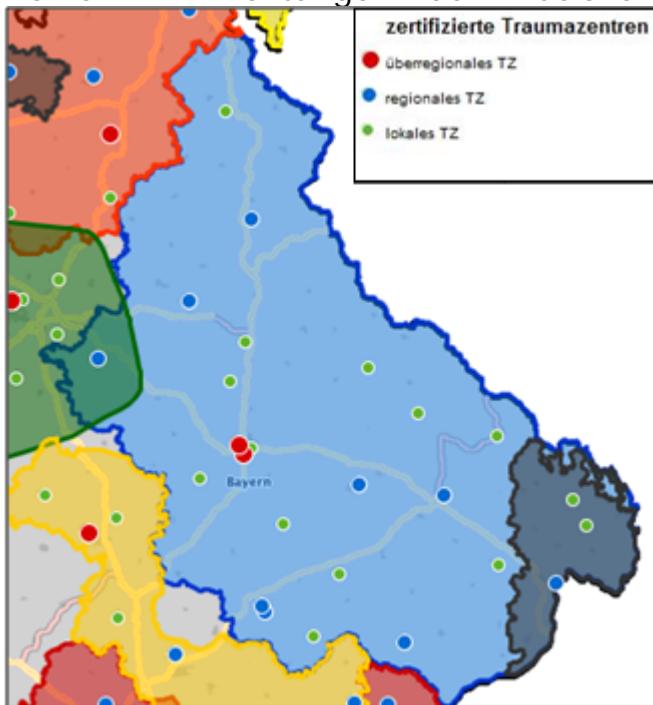


Abb. 8: Kliniken im Traumanetzwerk Ostbayern; Quelle: [www.dgu-traumanetzwerk.de](http://www.dgu-traumanetzwerk.de)

Im Jahr 2008 konnte das Uniklinikum Regensburg als erste Klinik auditiert sowie 2009 das TraumaNetzwerk Ostbayern als erstes

TraumaNetzwerk in Deutschland anhand der Richtlinien des Weißbuches der DGU zertifiziert werden.[42]

### 3.1.2 Datenbanken

Die inhaltliche Grundlage dieser Dissertation stellt das TraumaRegister der DGU dar. Dieses wurde unsererseits zusätzlich noch durch weitere Variablen in den Bereichen Präklinik und Notaufnahme erweitert. Siehe unten.

#### 3.1.2.1 Das TraumaRegister der DGU®

Wie bereits erwähnt, handelt es sich hierbei um eine seit 1993 bestehende, umfangreiche Datenbank mit anonymisierten, prospektiven und multizentrischen Parametern zur Schwerverletztenversorgung in Deutschland. Aus dieser können wissenschaftliche, epidemiologische und ökonomische Daten gewonnen werden [4]. Bis Ende 2009 wurden insgesamt 51.425 Patienten aus 266 teilnehmenden Kliniken in das TraumaRegister DGU aufgenommen. Vgl. Abb.9. 2009 beteiligten sich 218 Krankenhäuser aktiv, somit nahezu zweimal so viele wie 2008. Darunter finden sich 18 Kliniken aus dem europäischen Ausland, elf aus Österreich, je eine aus der Schweiz, den Niederlanden und Belgien sowie vier aus Slowenien.[43] Erhoben werden bei vollständiger Erfassung 100 Parameter pro Patient vom Unfall bis zur Klinikentlassung, speziell zu vier Zeitpunkten auf je einem Bogen: Präklinik, Notaufnahme, Intensivstation und Entlassung [43]. Seit 2002 kann die Dateneingabe auch online unter „[www.traumaregister.de](http://www.traumaregister.de)“ erfolgen. Patienten mit einem ISS von mindestens 16 gelten im Traumaregister als Schwerverletzt, erfasst werden allerdings auch potentiell intensivpflichtige Patienten, die leichter verletzt sind. [13]. Die daraus resultierende Prozessanalyse soll die Kliniken dabei unterstützen, Schwachstellen herauszufiltern und wenn möglich neue, effektivere Behandlungsstrategien zu entwickeln und diese dann zu prüfen. Deshalb bekommen die teilnehmenden Kliniken seit 1998 einen jährlichen, individuellen, anonymisierten Jahresberichtes [13]. Besonders relevant für das Qualitätsmanagement ist die Dauer bis bestimmte Maßnahmen ausgeführt werden, die Intubationsrate sowie die Durchführung einer Ganzkörpercomputertomographie. [44] Um eine bessere Vergleichbarkeit der Letalitätsraten der verschiedenen Krankenhäuser und damit der Ergebnisqualität zu erreichen, ist eine Adjustierung der Verletzungsschweren der Patienten erforderlich [13]. Das Traumaregister verwendet dafür seit 2003 den Revised Injury Severity Classification Score (RISC-Score). Siehe unten.[43] Aufgrund der detaillierten Datenerfassung und der daraus resultierenden Verbesserung der Schwerverletztenversorgung konnte in den letzten 5 Jahren ein signifikanter Rückgang der Letalität nach Polytrauma beobachtet werden.[43]

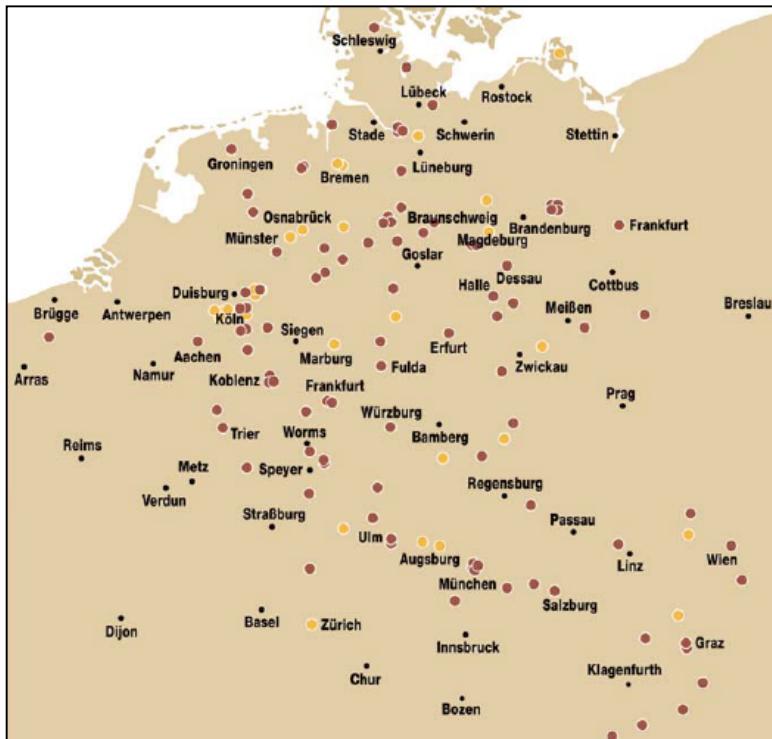


Abb. 9: Am Traumaregister mitwirkende Kliniken; Quelle: Deutsches Ärzteblatt

### 3.1.2.2 Die Polytraumadatenbank in Regensburg

Diese Erweiterung des TraumaRegisters um weitere Parameter dient der exakteren Erfassung der Schwererverletztenversorgung in Regensburg. Beim Traumaregister der DGU wurde eine Begrenzung auf 100 Parameter zu den vier Zeitpunkten Präklinik, Notaufnahme, Intensivstation und Entlassung notwendig, um möglichst viele Einrichtungen zur Mitarbeit zu motivieren. Unsere Erweiterung erfolgte in den Bereichen Präklinik und Notaufnahme auf mehr als 300 weitere Parameter zu diesen beiden Zeitpunkten. So gelingt es die Versorgungsstruktur exakter zu erfassen und zu erkennen. Außerdem wird so eine größere Zahl an möglichen Einflussfaktoren auf den Verlauf der Behandlung einbezogen, welche damit möglicherweise noch besser identifiziert werden können.

### 3.1.3 Datengewinnung

Um die Datenbank repräsentativ zu gestalten, war es notwendig, alle eingelieferten Patienten aufzunehmen und einen nicht in die Versorgung involvierten „Beobachter“ mit der Datenerhebung zu beauftragen. Deshalb wurde ein Team aus vier Doktoranden, das für den Zeitraum von einem Jahr die Polytraumaversorgung in der Notaufnahme bzw. auf Intensivstation begleitete und im Anschluss die Daten eingab, gegründet. Immer einer der Studenten übernahm ein Rufdiensthandy, das somit 24 Stunden besetzt war, und wurde vom Pflegepersonal oder den Ärzten in der Notaufnahme alarmiert, sobald ein Schwererverletzter von der Leitstelle angemeldet wurde. So wurde erreicht, dass der diensthabende Student im Normalfall bereits

vor dem Patienten in der Notaufnahme war. Nach einem Jahr wurde ein Team aus vier neuen Doktoranden eingesetzt, um die Datenerhebung auf diesem Niveau weiterzuführen.

### **3.1.3.1 Datengewinnung in der Notaufnahme**

Gleich bei Eintreffen des Patienten im Schockraum wurden die präklinischen Parameter erhoben. Und zwar anhand der Übergabe des Notarztes, des Notarzteinsatzprotokolls, falls vorhanden auch des Notarzteinsatzprotokolls des primären Notarztes, mittels eines extra für den Notarzt entwickelten Fragebogens sowie durch einen QM-Fragebogen der DGU für den Notarzt. Siehe Anhang. Außerdem erfolgte im Schockraum die unmittelbare Dokumentation aller Uhrzeiten, Behandlungsabläufe, diagnostischer Maßnahmen, Vitalwerte, Volumen- bzw. Medikamentengaben, Beatmungswerte sowie Labor- und Blutgasanalysenwerte. Weiterhin wurden vor Ort Verzögerungen bzw. Zwischenfällen und das Verletzungsmuster erfasst. Die Messung der Körpertemperatur erfolgte mittels eines Infrarotohrthermometers unmittelbar nach dem Eintreffen des Patienten im Schockraum. Es wurde bei allen Patienten dasselbe Gerät verwendet, welches regelmäßig durch die Medizintechnik kontrolliert und geeicht wird. Somit wird ein ähnlicher statistischer Fehler bei allen Messungen angenommen. Die Datenaufnahme in der Notaufnahme endete entweder mit Verlegung des Patienten auf Intensivstation bzw. in den OP oder mit dessen Tod und wird durch die Bögen A und B des Traumaregisters erfasst.

### **3.1.3.2 Datengewinnung im weiteren stationären Verlauf**

Diese Parameter wurden einerseits während bzw. nach dem Intensivaufenthalt aus der stationären Dokumentation, den Radiologiebefunden, den Mikrobiologiebefunden, den Laborwerten, den Anästhesieprotokollen und den Operationsprotokollen gewonnen sowie andererseits bei Besuchen auf der Intensivstation selbst erhoben. Sie spiegeln den Zeitraum nach Verlassen der Notaufnahme bis zur Entlassung bzw. Verlegung in ein anderes Krankenhaus oder dem Tod des Patienten wider und entsprechen den Bögen C und D des Traumaregisters. Siehe Anhang.

### **3.1.3.3 Dateneingabe und Überprüfung der Plausibilität**

Zu Beginn erfolgte die Eingabe aller erhobenen Daten durch den Studenten, der in der Notaufnahme dabei war, online ins Traumaregister sowie der erweiterten Parameter in eine SPSS-Datenbank. Diese umfasst mehr als 300 Items zur Präklinik und zur Notaufnahme. Weiterhin kontrollierte jeder Doktorand dann die Eingabe bei SPSS durch das Anzeigenlassen von weit abweichenden oder fehlenden Werten, sowie im Traumaregister durch einen dort einprogrammierten Filter, der ebenfalls weit von der Norm abweichende Werte farblich hinterlegte und unmögliche Uhrzeiten oder Daten markierte. Im Anschluss daran wurde jeder Fall mit dem

Studienarzt sowohl im Traumaregister als auch im SPSS kontrolliert und verbessert.

### **3.1.4 Einschlusskriterien**

Für das Traumaregister der DGU gilt ein Patient dann als schwer verletzt, wenn er einen ISS-Wert von mindestens 16 erreicht. Es liegen aber auch hier Datensätze zu leichter Verletzten vor. [13] In unsere Datenbank wurden alle eventuell intensivpflichtigen, schwerverletzten Patienten, unabhängig vom ISS, aufgenommen. Diese Arbeit fasst die Daten von insgesamt 396 Patienten.

## **3.2 Scoresysteme und Klassifikationen**

Zur Einteilung der Patientendaten in Gruppen gibt es eine Vielzahl von Klassifikationen. Auch in der Traumatologie existieren diverse Scoresysteme. Im Folgenden werden einige, für diese Arbeit relevante Einteilungen erläutert.

### **3.2.1 Temperaturklassifikation**

Kirkpatrick et al., Tsuei et al. sowie Wade et al. wählen als Grenze für Hypothermie bei Polytraumapatienten eine Temperatur unter 36,0°C, was auch für diese Arbeit zugrunde gelegt wurde.[39, 45, 46]. Hier wurde jedoch, wegen der geringen Anzahl an Hypothermen, auf eine weitere Unterteilung in verschiedene Hypothermiegrade verzichtet, um die Aussagekraft zu erhöhen. Siehe Tabelle 1. Als Grenzwert für die erhöhte Temperatur wurde in dieser Untersuchung eine Temperatur von mehr als 37,5°C festgesetzt.

Traditionelle Klassifikation		Überarbeitete Klassifikation für Polytraumapatienten	
Kategorie	Temperatur in °C	Kategorie	Temperatur in °C
Mild	32-35	Mild	34-36
Moderat	28-32	Moderat	32-34
Ernst	20-28	Ernst	< 32
Profund	14-20		
Tief	< 14		

**Tabelle 1: Hypothermieklassifikationen; Quelle: Injury, Tsuei et al., 2004**

Weiterhin unterteilt man eine Hypothermie je nach zugrunde liegender Ursache in „endogen“, durch verminderte Wärmeproduktion im Körper, in „kontrolliert-induziert“, bedingt durch aktive Kühlung, sowie in „akzidentiell“, was einem unbeabsichtigten Temperaturabfall durch Kälteexposition gleichkommt. [23] V.a. letztere Form ist für diese Untersuchung wichtig. Hypothermie wird nach bisherigen

Erkenntnissen vom Unverletzten deutlich besser toleriert als vom Schwerverletzten. So zeigten aktuelle Studien, dass die Letalität bei einer Temperatur unter 32°C beim Polytrauma 100% beträgt, beim Unverletzten dagegen 23%. [47, 48] Diese Beobachtung führt zu einer differenzierten Hypothermieklassifikation beim Polytrauma. Siehe Tabelle 1.

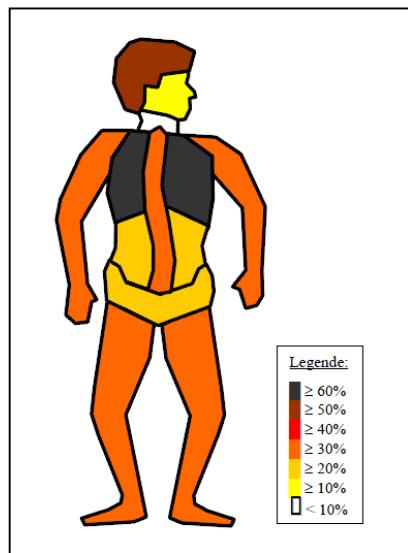
### **3.2.2 Anatomische Scores**

Bei der Einteilung der Verletzungsschwere hat sich eine Gliederung in anatomische, physiologische und Kombinationsscores durchgesetzt. [49] Zunächst erfolgt die Darstellung der verwendeten anatomischen Klassifikationen, welche ausschließlich Verletzungen betrachten.

#### **3.2.2.1 Abbreviated injury scale (AIS)**

Diese geht auf die Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM) zurück und wurde erstmals 1971 im Journal of the American Medical Association veröffentlicht. Seitdem wurde sie mehrmals überarbeitet, zuletzt im Jahr 2005, mit letztem Update 2008. Sie stellt bis heute die Grundlage mehrerer, wichtiger Scoresysteme dar, so zum Beispiel für den Injury Severity Score. S.u. [50] Es handelt sich hierbei um ein international anerkanntes Klassifikationssystem mit dem Ziel der objektiven Einstufung der Verletzungsschwere von Einzelverletzungen nach ihrem Letalitätsrisiko gegliedert. Bei der Berechnung erfolgt die Untergliederung in neun verschiedene Körperregionen, siehe Abb. 10: Kopf, Gesicht, Hals, Thorax, Abdomen, Wirbelsäule, Arme, Becken sowie Beine. Die AIS besteht aus einem sechsstelligen „Numerical Injury Identifier“ und dem einstelligen AIS-Code, der durch einen Punkt vom „Numerical Injury Identifier“ abgetrennt wird. Im „Numerical Injury Identifier“ wird die betroffenen Körperregion, die Art der verletzten anatomischen Struktur sowie die Verletzungsart kodiert. Der AIS-Code, von eins bis sechs, stellt eine sechsstufige Skala dar, welche das Letalitätsrisiko der jeweiligen Verletzung verschlüsselt. Es werden so die als wichtig erachteten Verletzungen auf einer Ordinalskala mit sechs Kategorien eingestuft und somit eine Zusammenfassung von Verletzungsmustern mit nahezu gleicher Letalität erreicht, ohne die Versterbenswahrscheinlichkeit genau zu quantifizieren. Siehe Tabelle 2. [51] In der Version von 2008 wurde eine detailliertere anatomische Gliederung des AIS-Identifiers entwickelt, die zusätzlich zum AIS-Code auch die erwarteten Spätfolgen („functional capacity index“) an den AIS-Identifier koppelt. Anfangs konnten ausschließlich Verletzungen mit morphologischem Korrelat kodiert werden, erst die Version von 1990 erlaubte die Verschlüsselung anhand funktioneller Einschränkungen (z. B. Bewusstlosigkeit). Die AIS liefert valide Prognosen zur Überlebenswahrscheinlichkeit von Einzelverletzungen und konnte sich

so auch als Proxyvariable für die medizinische Verletzungsschwere etablieren. [43, 51]



**Abb. 10:** Die neun Organregionen der AIS und die Häufigkeit eines AIS  $\geq 2$ . Einbezogen: Patienten mit ISS  $\geq 16$  von 2007-2009; Quelle: Jahresbericht DGU 2010[43]

AIS-Code	Verletzungsschwere
0	Unverletzt
1	Leicht
2	Mäßig, jedoch ernstzunehmend
3	Schwer
4	Ernsthaft
5	Kritisch
6	Maximal, zur Zeit nicht zu behandeln
9	Nicht näher bezeichnet

**Tabelle 2:** AIS-Codes und die damit verbundene Verletzungsschwere; Quelle AAAM 1998

### 3.2.2.2 Injury Severity Score (ISS)

Hierbei handelt es sich um den meistverwendeten Score in der traumatologischen Literatur, der erstmals 1974 publiziert wurde. [49, 52] Ziel ist eine Graduierung der Verletzungsschwere bzw. des Mortalitätsrisikos bei Mehrfachverletzungen. Er beruht auf dem AIS-Code, demnach also dem Schweregrad einer Einzelverletzung zwischen eins und sechs. Zur Berechnung werden sechs vorgegebene Körperregionen herangezogen, die nicht den AIS-Regionen entsprechen: 1. Kopf und Hals, einschließlich HWS und Carotis; 2. Gesicht und Gesichtsschädel; 3. Thorax mit BWS und Zwerchfell; 4. Abdomen mit LWS und Beckenorganen; 5. Extremitäten mit knöchernem Becken und Schultergürtel; 6. Äußere Verletzungen, inklusive Weichteilverletzungen, Stromverletzungen und

Verbrennungen. Auch Hypothermie fällt in diese letzte Gruppe. Wichtig ist, dass pro Region, auch bei Mehrfachverletzungen, nur der höchste AIS-Wert mit einbezogen wird. Die maximalen AIS-Codes der drei am schwersten verletzten Körperregionen werden zunächst quadriert und im Anschluss daran addiert. Das Ergebnis entspricht dem ISS-Wert des Verletzungsmusters und kann Werte zwischen eins und 75, wobei  $5^2+5^2+5^2=75$  ergibt, annehmen. Bei einem einzigen AIS-Wert von 6 beträgt der ISS lt. Konvention 75. Insofern gilt, je größer der ISS-Wert, desto schwerer ist ein Patient verletzt. In den Gruppen der ISS-Werte, also ISS 9, 13, 16, 25 usw., besteht ein etwa linearer Zusammenhang mit dem Versterben. [44, 51-53]

### **3.2.2.3 New Injury Severity Score (NISS)**

Im Jahr 1997 wurde diese Modifikation des ISS erstmals publiziert. Analog zum ISS erfolgt die Berechnung durch Quadrieren und anschließendem Addieren von AIS-Werten. Allerdings gibt es hierbei keine Untergliederung in sechs Körperregionen. Nur die drei insgesamt höchsten AIS-Werte werden verwendet, ohne auf die Lokalisation zu achten. Bei schwersten Mehrfachverletzungen in einer ISS-Körperregion und geringeren Verletzungen in weiteren ISS-Regionen liegt der NISS höher als der ISS, bildet dementsprechend die tatsächliche Verletzungsschwere nach Meinung des Autors besser ab als der ISS. Auch der NISS kann Werte von eins bis 75 erreichen – äquivalent zu der Berechnung und der Konvention bei einem AIS von 6 wie beim ISS.[44, 54].

### **3.2.3 Physiologische Scores**

Anhand der physiologischen Folgen eines Traumas werden dabei Klassifikationen gebildet. Die physiologischen Auswirkungen der Verletzung gehen hierbei in die Systeme ein, nicht die Einzelverletzungen.

#### **3.2.3.1 Glasgow Coma Scale (GCS)**

Erstmals wurde die GCS im Jahr 1974 im Zusammenhang mit der Klassifikation von Schädel-Hirn-Traumata veröffentlicht. [55]. Mittlerweile wird sie weltweit zur Beschreibung des Zustandes von bewusstseinsgetrübten Patienten verwendet, ist in Deutschland Bestandteil des DIVI-Notarztprotokolls sowie des Traumaregisters der DGU und wird in viele komplexe Scoresysteme, sowohl aus der Unfallchirurgie als auch aus der Intensivmedizin, integriert. Es werden die drei Bereiche Augenöffnen, verbale und motorische Reaktion einbezogen. In der Kategorie Augenöffnen werden zwischen einem und vier Punkten, bei verbaler Reaktion ein bis fünf Punkte und bei motorischer Reaktion ein bis sechs Punkte vergeben. Siehe Tabelle 3. Je weniger Punkte erreicht werden, desto schlechter ist der Zustand des Patienten. Um den GCS-Wert zu errechnen werden im

## Material und Methode

Anschluss die Punkte aus allen drei Kategorien addiert. Möglich sind Werte von drei bis 15. Bewusstlosigkeit wird häufig über einen GCS-Wertes zwischen drei und acht definiert. [44, 55]

Kategorie	Zustand des Patienten	Punkte
Augenöffnen	Spontan Auf Ansprache Auf Schmerzreiz Keine Reaktion	4 3 2 1
Verbale Reaktion	Orientiert Verwirrt, desorientiert Unzusammenhängende Wörter Unverständliche Laute Keine Reaktion	5 4 3 2 1
Motorische Reaktion	Befolgt Aufforderungen Gezielte Schmerzabwehr Ungezielte Schmerzabwehr Beugesynergismen Strecksynergismen Keine Reaktion	6 5 4 3 2 1

Tabelle 3: Glasgow Coma Scale; Quelle: Das Polytrauma, Oestern, 2008

### 3.2.3.2 Triage Revised Trauma Score (T-RTS) und Revised Trauma Score (RTS)

Dieses Scoresystem wurde in den 1980er Jahren in Amerika entwickelt, um möglichst einfache Richtlinien zu schaffen, anhand derer entschieden werden konnte, ob schwerverletzte Patienten in ein Traumazentrum verlegt werden müssen oder nicht. Daher flossen in die Berechnung die GCS, der systolische Blutdruck, sowie die Atemfrequenz ein, die jeweils eine Kategorie darstellen und je nach Ausprägung mit einem Punktewert von 1-4 bewertet werden. Je mehr Punkte der Patient hat, desto besser ist sein Zustand. Dann kann die Summe gebildet werden und auf diese Weise der Triage-RTS (T-RTS) mit null bis zwölf Punkten errechnet werden. Außerdem kann mittels folgender Formel auch eine Outcome-Prognose erstellt werden, welche dann als Revised Trauma Score (RTS) bezeichnet wird:  
$$\text{RTS} = 0,9368 \cdot \text{GCS-Punkte} + 0,7326 \cdot \text{Syst. Blutdruck-Punkte} + 0,2908 \cdot \text{AF-Punkte}$$

Man erhält Werte zwischen 0 und 7,84. Auch hier gilt, je höher der Wert, desto besser die Outcome-Prognose. [44, 56] Siehe Tabelle 4.

## Material und Methode

GCS	Systolischer Blutdruck	Atemfrequenz	Punkte
13-15	Ab 90 mmHg	10-29 pro min.	4
9-12	76-89 mmHg	Ab 30 pro min.	3
6-8	50-75 mmHg	6-9 pro min.	2
4-5	Bis 49 mmHg	1-5 pro min.	1
3	0 mmHg	0 pro min.	0

Tabelle 4: Revised Trauma Score; Quelle: Das Polytrauma, Oestern, 2008

### 3.2.4 Kombinationsscores

Rein durch anatomische bzw. physiologische Parameter lässt sich der Zustand des Patienten nicht exakt einstufen. Aus diesem Grund wurden einige Scoresysteme entwickelt die beides mit einbeziehen und eventuell noch durch patientenspezifische Daten ergänzt werden. Im Folgenden werden die für diese Arbeit relevanten erläutert.

#### 3.2.4.1 Trauma and Injury Severity Score (TRISS)

Auch der TRISS wurde in den 1980er Jahren in den USA entwickelt. Er wurde anhand der Ergebnisse der Major Trauma Outcome Study (MTO) validiert und wurde bzw. wird bis heute von vielen Datenbanken zur Prognoseermittlung sowie Schweregradadjustierung verwendet. So wurde er bis einschließlich 2002 auch im Traumaregister der DGU als Prognosescore benutzt. Auch der TRISS basiert auf drei Komponenten, nämlich dem anatomischen Verletzungsmuster, in Form der ISS, der physiologischen Kreislaufreaktion, repräsentiert durch den RTS, sowie dem Alter des Patienten, älter oder jünger als 55. Nach bisherigen Erkenntnissen sind dies die wesentlichen Einflussfaktoren für die Prognose beim Polytrauma. Aus diesen drei Säulen wurden mittels multivariater Analyse zwei getrennten Formeln für stumpfe und penetrierende Verletzungen entwickelt, mit deren Hilfe ein Gesamtwert X errechnet werden kann. Siehe Tabelle 5. Dieser wird dann mit folgender Formel in die Überlebenswahrscheinlichkeit des Patienten umgerechnet:  $P(\text{Überleben}) = 1/(1+e^{-X}) = e^X/(1+e^X)$ . Das ermöglicht den Vergleich von tatsächlich beobachteter und errechneter Letalität und kann zum klinikinternen Qualitätsmanagement sowie zum Vergleich der verschiedenen Kliniken herangezogen werden. [44, 57]

Traumaart	Zugehörige Formel
Stumpf	$X = -0,0768 * \text{ISS} + 0,9544 * \text{RTS} - 1,9052 * (\text{Alter} \geq 55) - 1,1270$
Penetrierend	$X = -0,1516 * \text{ISS} + 1,1430 * \text{RTS} - 2,6676 * (\text{Alter} \geq 55) - 0,6029$

Tabelle 5: Formeln zur Berechnung des Gesamtwertes X für den TRISS; Quelle: Champion, 1990[57]

### 3.2.4.2 Revised Injury Severity Classification (RISC)

Im TraumaRegister stellte man fest, dass die Variablen, welche für die Berechnung des TRISS notwendig sind, nicht immer erfasst werden können. Weiterhin zeigte sich, dass der TRISS nicht die tatsächliche Letalitätswahrscheinlichkeit wiedergibt. Anhand der Daten im TraumaRegister der DGU von 1993-2000 wurde 2001 dieser neue Score entwickelt, der noch weitere neidentifizierte Aspekte mit einbezieht und so eine Verbesserung der Prognoserichtigkeit gegenüber dem TRISS erreicht und mehr Patienten einschließen kann. Die Fläche unter der ROC-Kurve für den RISC beträgt 0.907, für den TRISS 0.862, für den NISS 0.804 und für den ISS 0.786. Siehe Abb.11.

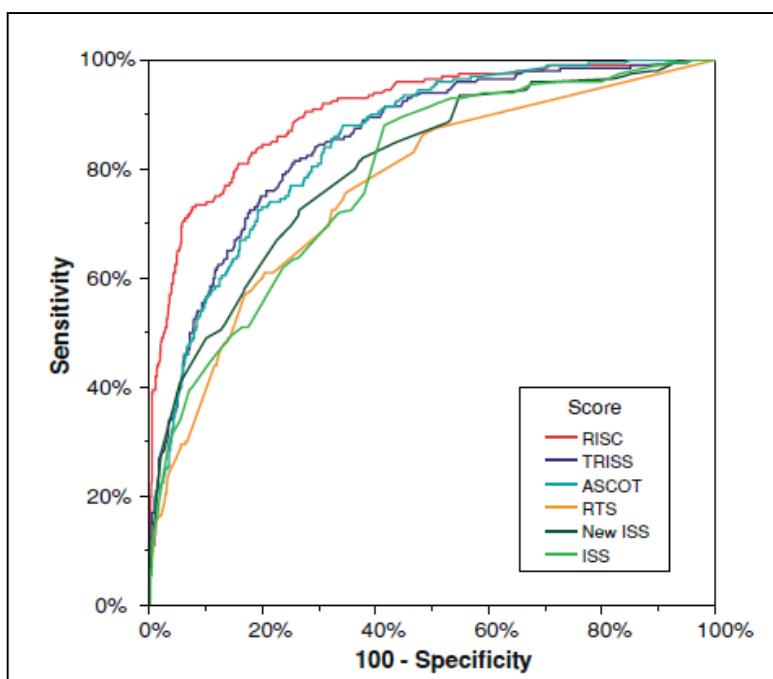


Abb. 11: ROC-Kurven für sechs Prognose Scores, basierend auf den Daten des Traumaregisters der DGU von 1993-2000; Quelle: Lefering, 2009

Dadurch bedingt stellt er seit 2003 die Grundlage der Prognosestellung und Schweregradadjustierung im Traumaregister der DGU dar und wurde in den folgenden Jahren fortwährend validiert. Der RISC basiert auf elf verschiedenen Werten jedes Patienten, die jeweils mit einem multivariat berechneten Koeffizienten versehen werden. Siehe Tabelle 6. So kommt es zu einer Abstufung, die den Einfluss der jeweiligen Werte sofort erkennen lässt. Außer dem NISS mit guter linearer Korrelation zur Überlebensrate werden alle übrigen Variablen in Kategorien zusammengefasst. Jedem Wert des Patienten kann so direkt ein Koeffizient zugeordnet werden, beim NISS muss dazu der Scorewert mit -0,03 multipliziert werden. Danach wird die Gesamtsumme X berechnet, indem man alle Koeffizienten zu einer Konstanten mit dem Wert 5 hinzuaddiert. Falls der Wert des Patienten nicht innerhalb einer angegebenen Kategorie liegt, ist der Koeffizient gleich null. Mit folgender Formel erhält man

## Material und Methode

aus dem Gesamtwert X eine Zahl zwischen null und eins, die der Überlebenswahrscheinlichkeit des Patienten entspricht:  $P(\text{Überleben}) = 1/(1+e^{-X})$ . Nicht bei allen Scherverletzten sind alle für den RISC notwendigen Parameter vorhanden. Daher entwickelte man sogenannte Ersatzvariablen, welche dann bei fehlenden Werten stattdessen eingesetzt werden können. Kein Ersatz kann erfolgen, wenn der AIS-Code oder mehr als die Hälfte der Parameter fehlen. [43, 44, 58]

Parameter	Kategorie	Koeffizient
Alter	55-64 Jahre	-1
	65-74 Jahre	-2
	Ab 75 Jahre	-2,3
NISS	Scorewert	-0,03
AIS-Kopf	4	-0,5
	5/6	-1,8
AIS-Extremitäten	5	-1
GCS präklinisch	3-5	-0,9
Gerinnung: PTT	40-49 s	-0,8
	50-79 s	-1
	Ab 80 s	-1,2
BE	-9 bis -19,9 mmol/l	-0,8
	$\leq -20 \text{ mmol/l}$	-2,7
Herz-Kreislauf-Stillstand	Ja	-2,5
Anzahl indirekter Blutungszeichen (Hb bei Aufnahme kleiner 9 mg/dl, bis ICU Transfusion von mehr als 9 Blutkonserven und systolischer Blutdruck kleiner 90 mmHg)	1	-0,4
	2	-0,8
	3	-1,6
Konstante	-	5

Tabelle 6: Revised Injury Severity Classification; Quelle: Lefering, 2009

### 3.2.4.3 Standardised Mortality Ratio (SMR)

Sie kann berechnet werden, indem der Quotient aus beobachteter und berechneter Letalitätsrate gebildet wird, d.h. bei einem Wert von  $SMR=1$  entspricht die berechnete der tatsächlichen Letalität, ein Wert  $>1$  bedeutet eine größere Mortalität als erwartet. Auch sie kann herangezogen werden, um die Qualität der Versorgung in Deutschland im Zeitverlauf abzubilden. Seit 2005 ist die SMR im TraumaRegister kleiner als eins, also geringer als erwartet.[43] Vgl. Abb.12.

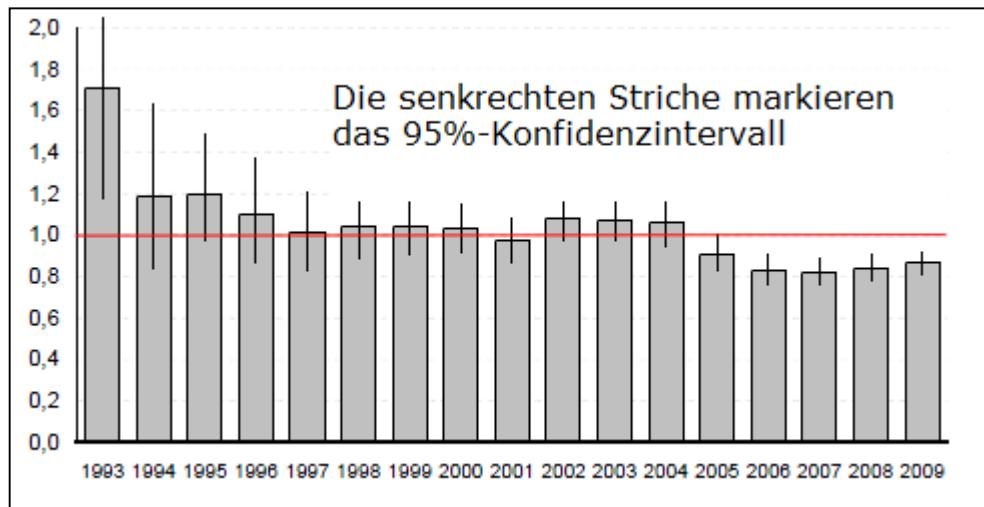


Abb. 12: SMR im Traumaregister von 1993-2009; Quelle: Jahresbericht 2010

### 3.2.4.4 Glasgow Outcome Scale (GOS)

Diese wurde 1975 im Lancet erstmals publiziert und schildert den zerebralen Zustand hirnverletzter Patienten zum Zeitpunkt der Entlassung oder Verlegung auf einer fünfstufigen Scala. Sie kann somit verwendet werden, um das Ausmaß von Folgeschäden zu quantifizieren. In Regensburg wird der GOS streng nach dieser primären Ausrichtung angewandt. Ein zerebral voll rehabilitierter Patient erhält, unabhängig von weiteren Verletzungen oder Einschränkungen einen GOS-Wert von 1. Siehe Tabelle 7. [59]

Kategorie	Zustand des Patienten
1	Voll rehabilitiert, erwerbsfähig
2	Schwerbehindert, nicht pflegebedürftig
3	Schwerbehindert, pflegebedürftig
4	Vegetativ, apallisch
5	Verstorben

Tabelle 7: Glasgow Outcome Scale; Quelle: Das Polytrauma, Oestern, 2008

### 3.2.5 Weitere Klassifikationssysteme

#### 3.2.5.1 Simplified-Acute-Physiology-II-Score (SAPS-II-Score)

Berechnungsgrundlage stellen die schlechtesten Werte innerhalb der ersten 24 Stunden nach dem zur Intensivaufnahme führenden Ereignis dar. Anhand folgender Tabelle kann jedem Parameter, abhängig vom festgestellten Wert, eine Punktzahl zugeordnet werden. Diese werden danach addiert und so ein Ergebnis zwischen null und 163 errechnet, welches dem SAPS-II-Score entspricht und den Zustand des Patienten widerspiegelt.[8]

## Material und Methode

<b>SAPS II</b>		maßgeblich sind die <u>schlechtesten Werte</u> (höchste Punktzahl) in einem 24-Stunden-Zeitraum seit dem zur Intensiv-Aufnahme führenden Ereignis (Unfall, OP, Komplikation)							
		Punkte bei abnormal niedrigen Werten		„normal“	Punkte bei abnormal hohen Werten				
		<40	40-69	<40	40-59	60-69	70-74	75-79	≥80
Alter (Jahre)					7	12	15	16	18
Herzfrequenz (pro Min.)		<40 11	40-69 2	70-119	120-159 4	≥160 7			
Blutdruck (syst., mmHg)		<70 13	70-99 5	100-199	≥200 2				
Temperatur (°C)				<39,0	≥39,0 3				
nur bei Beatmung o. Pulmonalis-Katheter $\text{PaO}_2$ (mmHg) / $\text{FiO}_2$		<100 11	100-199 9	≥200 6	-				
Urinausscheidung (L/Tag)		<0,5 11	0,5-0,99 4	≥1,0					
Harnstoff (mg/dl) oder Harnstoff-Stickstoff (mg/dl)				<60	60-179	≥180			
				<28	28-83 6	≥84 10			
Leukozyten ( $10^9/\text{mm}^3$ )			<1,0 12	1,0-19,9	≥20 3				
Kalium (mmol/L)			<3 3	3,0-4,9	≥5,0 3				
Natrium (mmol/L)			<125 5	125-144	≥145 1				
Serum Bikarbonat (mEq/L)		<15 6	15-19 3	≥20					
Bilirubin (mg/dl)				<4,0	4,0-5,9 4	≥6,0 9			
Glasgow Coma Scale (vor Sedierung)	<6 26	6-8 13	9-10 7	11-13 5	14-15				
Vorerkrankungen				-	metastas. Karzinom 9	maligne hämatolog. Erkr. 10	AIDS 17		
Zuweisung auf ICU				elektiv chirurgisch	medizinisch (ohne OP) 6	ungeplant chirurgisch 8			

Le Gall et al. „A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study.“ JAMA (1993) 270: 2957-63

Tabelle 8: SAPS-II-Score; Quelle: Das Traumaregister der DGU

### 3.2.5.2 Sepsis-related-Organ-Failure-Assessment-Score (SOFA-Score) zur Definition von Organversagen und MOV

Anhand des SOFA-Scores erfolgt eine Abstufung der Fehlfunktion eines Organes, auf einer Skala von 1-4 in vier Stufen. Bestimmte Funktionsparameter, welche in folgender Tabelle aufgeführt sind, sorgen für eine Untergliederung von leichter Dysfunktion bis massiver Funktionseinschränkung. Im Traumaregister wird ein Organversagen durch einen SOFA-Score von drei oder vier, für mindestens zwei Tage definiert. Dafür gelten die Grenzwerte in nachfolgender Tabelle 9. Ein Multiorganversagen liegt vor, wenn mindestens zwei Organe für wenigstens zwei Tage einen SOFA-Score von drei oder vier aufweisen[4, 60].

## Material und Methode

Organversagen	Grenzwert, entsprechend einem SOFA-Score von 3
Atmung/Lunge unter Beatmung	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> < 200 mm Hg
Herz-Kreislauf	Dopamin > 5 µg/kg*min oder jegliche Adrenalin bzw. Noradrenalin-Gabe
Koagulation	Thrombozyten < 50.000 / mm <sup>3</sup>
Leber	Bilirubin ab 6,0 mg/dl
Niere	Kreatinin ab 3,5 mg/dl oder Ausfuhrmenge < 500 ml/Tag
ZNS	Glasgow Coma Scale(GCS) < 10 Punkte

Tabelle 9: Organversagen anhand eines SOFA-Scores >2; Quelle: Intensive Care Medicine, Vincent et. al, 1996

### 3.2.5.3 Sepsis

Eine Sepsis wird gemäß der ACCP/SCCM Consensus Conference als Systemic Inflammatory Response Syndrom (SIRS) mit zusätzlichem Keimnachweis definiert.[61] Eine SIRS liegt vor, wenn mindestens zwei Kriterien in folgender Tabelle 10 erfüllt sind.[22]

SIRS-Kriterien	Grenzwerte
Temperatur	>38°C oder <36°C
Herzfrequenz	>90/min
Atmung	AF >20/min oder PaCO <sub>2</sub> <33mmHg
Leukozyten	>12000/mm <sup>3</sup> bzw. <4000/mm <sup>3</sup> oder > 10% unreife Leukozyten

Tabelle 10: SIRS-Kriterien; Quelle: Striebel, 2009

### 3.2.5.4 Body-Mass-Index (BMI)

Dieses Scoresystem wurde 1870 von Adolphe Quetelet zur Beschreibung der Statur einer Person entwickelte. Die Berechnung erfolgt mittels folgender Formel:

BMI= Körpergewicht in kg/ Körpergröße in m<sup>2</sup>.[62] Siehe Tabelle 11.

Kategorie	BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	
Starkes Untergewicht	< 16	Untergewicht
Mäßiges Untergewicht	16 – 17	
Leichtes Untergewicht	17 – 18,5	
Normalgewicht	18,5 – 25	Normalgewicht
Präadipositas	25 – 30	Übergewicht
Adipositas Grad I	30 – 35	Adipositas
Adipositas Grad II	35 – 40	
Adipositas Grad III	$\geq 40$	

Tabelle 11: Body-Mass-Index; Quelle: Wikipedia

### 3.3 Verwendete Variablen

#### 3.3.1 Personenbezogene Variablen und Versorgungszeiten

In der folgenden Tabelle 12 sind die in der Auswertung verwendeten personenbezogenen Variablen dargestellt. Einige Variablen sind auch aus anderen Variablen berechnet.

Variable	Skalierung	Berechnet	Klassifizierung
Alter	Metrisch [Jahre]		[0; 10[, [10; 20[, [20; 30[, [30; 40[, [50; 60[, [60; 70[, [70; 80[, [90; 100[, [100; +[
Geschlecht	Dichotom		Männlich, Weiblich
Größe	Metrisch [cm]		
Gewicht	Metrisch[kg]		
BMI	Metrisch [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ]	Berechnet aus Größe und Gewicht	[0; 20[, [20; 25[, ]25; 30], ]30; +[
ISS	Ordinal	Berechnet aus den AIS-Codes. S.o.	[0; 16[, [16; 25[, [25; 32[, [32; 40[, [40; 57[, [57; 75] sowie [0; 25[, [25; 75]
NISS	Ordinal	Berechnet aus den AIS-Codes. S.o.	[0; 16[, [16; 75]
GCS	Ordinal	Berechnet s.o.	

## Material und Methode

RTS	Ordinal	Berechnet s.o.	
TRISS	Ordinal	Berechnet s.o.	[0;0,1[, [0,1;0,3[, [0,3;0,5[, [0,5;0,8[, [0,8; +[
RISC	Ordinal	Berechnet s.o.	[0;10[, [10;30[, [30;50[, [50;80[, [80; +[
AIS-Extremitäten	Ordinal	Berechnet s.o.	[0;3[, [3;6]
AIS-Kopf	Ordinal	Berechnet s.o.	[0;3[, [3;6]
SR-Temperatur	Metrisch [°C]		Hypotherm, Normotherm, erhöhte Temperatur sowie Hypotherm, nicht Hypotherm
ICU-Temperatur	Metrisch [°C]		Hypotherm, Normotherm, erhöhte Temperatur sowie Hypotherm, nicht Hypotherm
Präklinische Volumengabe	Metrisch [ml]		[0;500], ]500;1000], ]1000;2000], ]2000; +[
Präklinischer Blutdruck	Metrisch [mmHg]		[0;90], ]90;160[, [160; +[
Präklinischer Puls	Metrisch [Schläge/min]		<30, [30;60[, [60;90], ]90;120], >120
Präklinische Reanimation	Dichotom		Ja/Nein
Zuverlegung	Dichotom		Ja/Nein
Dauer bis Zuverlegung	Metrisch [Stunden]	Berechnet aus Unfallzeit und Ankunftszeit	[0;3], ]3;6], ]6;24], ]24; +[
Transportart	Dichotom		Boden/Luft
Unfallzeit	Intervall		
Abfahrt vom Unfallort	Intervall		
Ankunftszeit	Intervall		

## Material und Methode

Präklinische Dauer	Metrisch [Minuten]	Berechnet aus Unfallzeit und Ankunftszeit	[0; 30],      ]30; 60[, [60; 90[,      [90; 120], ]120; +[
Anzahl präklinischer Maßnahmen	Metrisch [Anzahl]		
Technische Rettung	Dichotom		Ja/Nein
Präklinische Analgesie	Dichotom		Ja/Nein
Präklinische Sedierung	Dichotom		Ja/Nein
Präklinische Intubation	Dichotom		Ja/Nein
Vorerkrankungen	Dichotom		Ja/Nein
ASA-Stadium	Nominal		ASA 1: Gesund, ASA 2: Leichte Allgemeinerkrankung, ASA 3: Schwere Allgemeinerkrankung, ASA 4: Schwere Allgemeinerkrankung mit permanenter Lebensbedrohung, ASA 5: Schwerstkranker, der ohne OP vermutlich stirbt, ASA 6: Hirntoter mit Möglichkeit zur Organspende.[63]
Weiterbehandlung im SR	Nominal		Früh-OP, Direktverlegung ICU
Abbruch der Diagnostik in der Notaufnahme wegen einer Not- OP	Dichotom		Ja/Nein
Schockraum- Blutdruck	Metrisch [mmHg]		[0; 90],      ]90; 160[, [160; +[
Schockraum-Puls	Metrisch [Schläge/min]		[0; 60[,      [60; 90], ]90; +[

## Material und Methode

BE	Metrisch [mmol/l]		<-3[, [-3;-2[, [-2;3], >3
Laktat	Metrisch [mg/dl]		[0;5[, [5;20], ]20;+[,
PH	Metrisch		]0;7,35[, [7,35;7,45], ]7,45;+[,
Quick	Metrisch [%]		[0;50], ]50;70], ]70;90], ]90;100]
PTT	Metrisch [s]		[0;40[, [40;50[, [50, 80[, [80;+[,
Hb-Wert	Dichotom		< 9 mg/dl, >=9 mg/dl
Schockraumdauer	Metrisch [Minuten]		[0;30], ]30;60], ]60;90], ]90;+[,
Volumengabe im SR	Metrisch [ml]		[0;500], ]500;1000], ]1000;1500], ]1500;+[,
EK-Transfusionen im SR	Metrisch [Anzahl]		Keine, [1;5], ]5;10], ]10;15], ]15;20], ]20;+[,
FFP-Transfusionen im SR	Metrisch [Anzahl]		Keine, [1;10], ]10;20], ]20;30], ]30;+[,
Hämostasetherapie im SR	Dichotom		Ja/Nein
EK-Transfusionen in den ersten 24 Stunden	Metrisch [Anzahl]		Keine, [1;10], ]10;20], ]20;30], ]30;+[,
FFP-Transfusion in den ersten 48 Stunden	Metrisch [Anzahl]		Keine, [1;10], ]10;20], ]20;30], ]30;+[,
Hämostasetherapie auf ICU	Dichotom		Ja/Nein
SAPS-II-Score	Ordinal		[0;40], ]40;80], ]80;120], ]120;+[,
Thromboembolie	Dichotom		Ja/Nein
24-Stunden-Mortalität	Dichotom		Verstorben: Ja/Nein
30-Tage-Mortalität	Dichotom		Verstorben: Ja/Nein

## Material und Methode

GOS	Ordinal		Gut erholt, leicht behindert, schwer behindert, PVS, tot
Liegendauer	Metrisch [Tage]		[0;1], ]1;3], ]3;10], ]10;20], ]20;30], ]30; +[
Intensivtage	Metrisch [Tage]		[0;1], ]1;3], ]3;10], ]10;20], ]20;30], ]30; +[
ICU-free-days	Metrisch [Tage]		[0;5], ]5;10], ]10;15], ]15;20], ]20;25], ]25; +[
Intubationstage	Metrisch [Tage]		[0;1], ]1;3], ]3;10], ]10;20], ]20;30], ]30; +[
Ventilator-free-days	Metrisch [Tage]		[0;5], ]5;10], ]10;15], ]15;20], ]20;25], ]25; +[
Organversagen Atmung	Dichotom		Ja/Nein
Organversagen Herz-Kreislauf	Dichotom		Ja/Nein
Organversagen Koagulation	Dichotom		Ja/Nein
Organversagen Leber	Dichotom		Ja/Nein
Organversagen Niere	Dichotom		Ja/Nein
Organversagen ZNS	Dichotom		Ja/Nein
Multiorganversagen	Dichotom		Ja/Nein
Anzahl MOV-Tage	Metrisch [Tage]		
Anzahl MOV-Organe	Metrisch [Anzahl]		
Sepsis	Dichotom		Ja/Nein

**Tabelle 12: Personenbezogene Variablen und Versorgungszeiten**

### 3.3.2 Umweltbezogene Variablen

In folgender Tabelle sind die für diese Arbeit verwendeten, umweltbezogenen Variablen dargestellt.

Variable	Skalierung	Berechnet	Klassifizierung
Unfallhergang	Nominal		VU-PKW/LKW, VU-Motorrad, VU-Fahrrad, VU-Fußgänger, Sturz >3m bzw. <3m, Sonstiges
Jahreszeit	Nominal	Berechnet aus Datum	Winter (Januar, Februar, Dezember), Frühjahr (März, April, Mai), Sommer (Juni, Juli, August), Herbst (September, Oktober, November)
Unfallmonat	Nominal	Berechnet aus Datum	Januar, Februar, März, April, Mai, Juni, Juli, August, September, Oktober, November, Dezember
Tageszeit	Dichotom	Berechnet aus Ankunftszeit	Tag (6:00-19:59 Uhr), Nacht (20:00-5:59 Uhr)

Tabelle 13: Umweltbezogene Variablen

## 3.4 Programme und Statistik

### 3.4.1 Verwendete Programme

Die Datenerfassung im Traumaregister gelang webbasiert. Diese Ergebnisse wurden danach durch die DGU in eine SPSS-Datenbank eingespielt und uns wieder übergeben. Die Datenerfassung in Regensburg begann in Microsoft Excel im Jahr 2007, seit 2008 wurde eine direkte Eingabe in eine SPSS Datenbank durchgeführt. Anhand eines Codes, der in beiden Datensätzen den gleichen Patienten eindeutig beschrieb, konnte eine Zusammenführung der Regensburger Datenbank mit den SPSS-Daten aus dem Traumaregister erfolgen. In dieser kumulierten Datenbank war dann die Einteilung verschiedener Parameter in Gruppen und die komplette statistischen Auswertung gut möglich.

### 3.4.2 Verwendete Statistik

Im Rahmen der statistischen Auswertung wurden diverse Tests eingesetzt:

Bei Stichproben mit dichotomer Ausprägung wurde der Chi-Quadrat-Test ( $\chi^2$ -Test) benutzt,

zum Vergleich von Medianen der Mediantest,

## Material und Methode

zur Überprüfung des Vorliegens einer Normalverteilung der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest,  
bei nicht-normalverteilten, ordinalskalierten bzw. metrischen Stichproben der Mann-Whitney-U-Test (Wilcoxon Test),  
für mehr als zwei Stichproben bei nicht-normalverteilten, ordinalskalierten bzw. metrischen Stichproben der Kruskal-Wallis-Test  
und bei zwei ordinalskalierte Stichproben, die eine stetige Abnahme oder Zunahme der Häufigkeiten innerhalb der Stichproben vorwiesen, wurde der Jonckheere-Terpstra-Test zur Untersuchung des Unterschieds zwischen den Gruppen gebraucht.[64-73]

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Deskriptive Analyse

Mit der deskriptiven Analyse sollen die Inhalte der Datenbank dargestellt, die Einflussfaktoren auf die Körpertemperatur im Schockraum herausgearbeitet und die Folgen der Hypothermie auf den Heilungsverlauf dargestellt werden.

#### 4.1.1 Beschreibung des Patientenkollektivs

Von 1.9.2007 bis 31.12.2009 wurden 396 Patienten in die Polytraumadatenbank aufgenommen und deren Daten für diese Arbeit verwendet.

##### 4.1.1.1 Geschlechterverteilung

Aus folgender Abb. 13 ist ersichtlich, dass 70,7% (n=280) aller Patienten männlich, 29,3% (n=116) weiblich waren. Im gesamten Traumaregister waren im Jahr 2009 71% der Patienten männlich.[43]

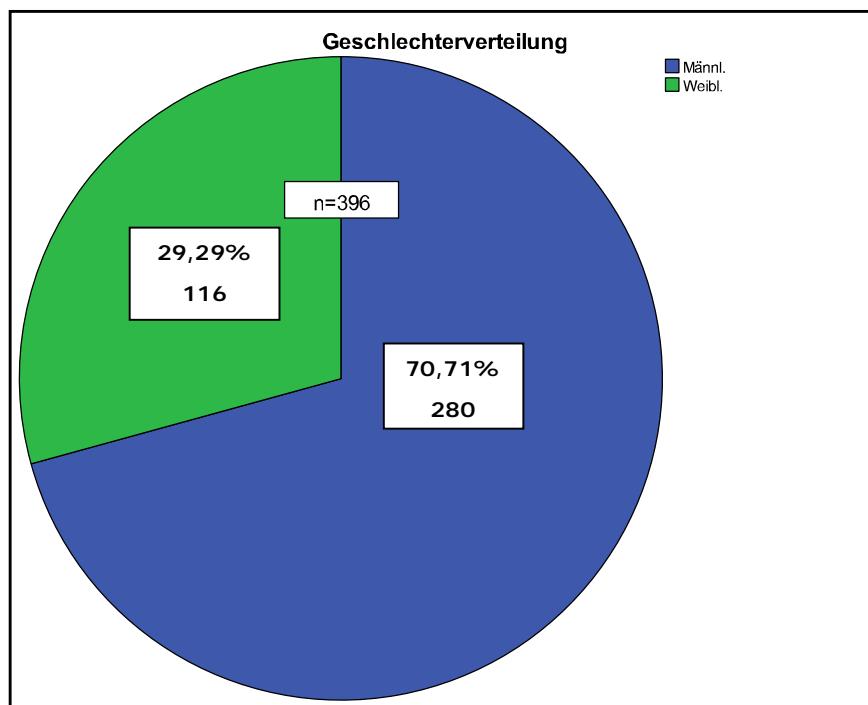


Abb. 13

#### 4.1.1.2 Alter

Die 373 eingelieferten Verletzten waren im Mittel 37,61 Jahr alt. Der älteste Patient war 90 Jahre, der jüngste ein Jahr. Zu 27 Patienten findet sich keine Altersangabe. Der Median liegt bei 35,0 Jahren. Im Traumaregister betrug 2009 das durchschnittliche Alter 45,1 Jahre. [43] Siehe Abb. 14.

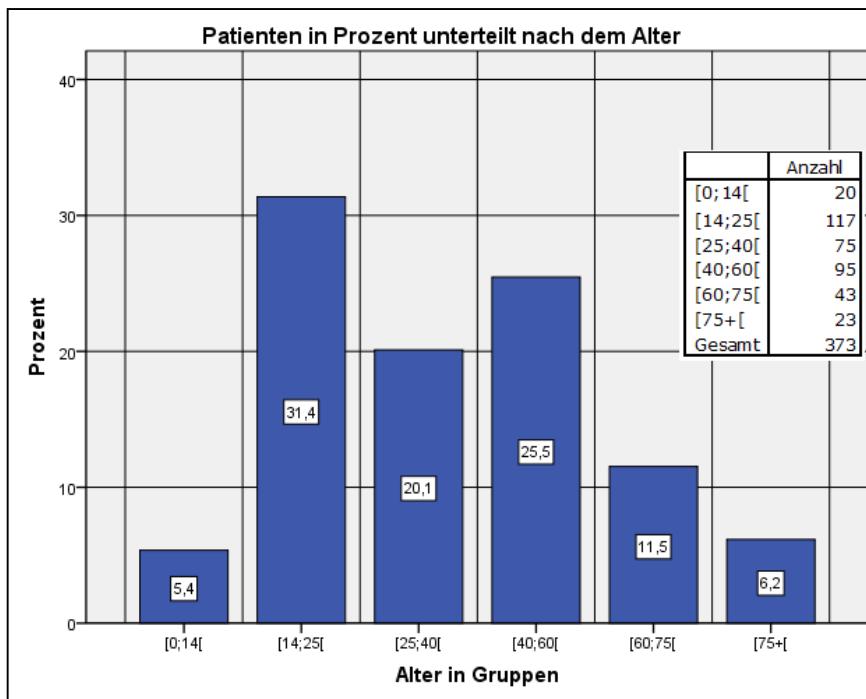


Abb. 14

#### 4.1.1.3 Unfallhergang

Von insgesamt 348 Verletzten wurde der Unfallhergang dokumentiert. Die große Mehrheit verletzte sich im Straßenverkehr. So waren 39,4% PKW/LKW-Insassen, 17,8% mit dem Motorrad unterwegs, 4,9% Fahrradfahrer sowie 6,0% Fußgänger. Außerdem gab es viele Verletzungen nach Stürzen. 15,5% verletzten sich beim Abstürzen aus mehr als drei Metern Höhe, 6,6% aus weniger als 3 Metern. Zu den 9,8% sonstigen Verletzungen gehören u.a. Einklemmungen, Überrolltraumen, das Getroffen werden mit verschiedenen Objekten, Stürze auf spitze Gegenstände sowie unklare Unfallhergänge.

## Ergebnisse

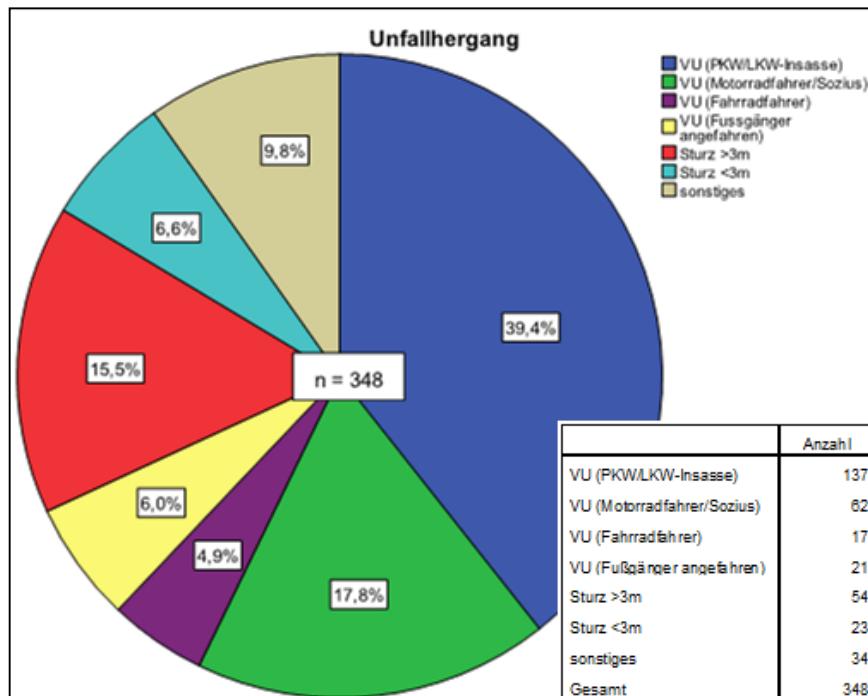


Abb. 15

### 4.1.1.4 Verletzungsschwere anhand verschiedener Scorewerte

#### 4.1.1.4.1 ISS

In Tabelle 14 sind die AIS-Werte der sechs Regionen, die in die ISS Berechnung einfließen, dargestellt. Es liegen 369 gültige Werte vor. Der Median des AIS-Abdomen bzw. des AIS-Gesicht liegt bei null, der des AIS-Weichteile bei eins, der des AIS-Extremitäten bzw. des AIS-Kopf bei zwei und der des AIS-Thorax bei drei. Für Abdomen, Extremitäten, Thorax und Weichteile liegen alle AIS-Werte zwischen null und fünf, für Gesicht zwischen null und drei sowie für Kopf zwischen null und sechs.

	Anzahl	Mittelwert	Median
AIS Abdomen	369	1,13	0,00
AIS Extremitäten	369	1,78	2,00
AIS Gesicht	369	0,62	0,00
AIS Kopf	369	2,17	2,00
AIS Thorax	369	2,22	3,00
AIS Weichteile	369	0,71	1,00

Tabelle 14

Daraus ergeben sich auch für den ISS 369 gültige Ergebnisse, die einen ISS-Median von 24,0 sowie einen Mittelwert von 26,25 aufweisen. Alle möglichen Werte von eins bis 75 treten auf. In der Abb.16 finden sich drei Peaks bei 17, 22 und 29. Im Traumaregister lag laut Jahresbericht der DGU 2010 der ISS-Mittelwert für 2009 bei

## Ergebnisse

21,7.[43] Der ISS-Mittelwert liegt somit in Regensburg höher als im Traumaregister der DGU. In folgenden Tabellen 15 u. 16 erfolgt eine Gegenüberstellung in Prozent der verletzten Patienten nach dem AIS-Wert der betroffenen Körperregion in Regensburg sowie im gesamten Traumaregister von 2007-2009.[43] Abb.17 sowie Tab. 17 zeigen den ISS in Gruppen.

Körperregion	Regensburg AIS $\geq 2$ (in %)	Regensburg AIS $\geq 3$ (in %)	DGU-TR AIS $\geq 2$ (in %)
Kopf	48,2	40,9	59,8
Gesicht	23,9	5,7	16,2
Hals	6,0	4,6	1,2
Thorax	60,7	50,4	62,5
Abdomen	30,0	15,6	25,2
Wirbelsäule	37,4	17,3	34,8
Arme	37,4	3,5	35,6
Becken	23,8	17,8	24,0
Beine	33,1	19,8	33,2

**Tabelle 15: Anteil aller verletzten Patienten nach dem AIS-Wert der betroffenen Körperregion in Regensburg sowie im gesamten Traumaregister 2007-2009.**  
Quelle: Jahresbericht 2010

Körperregion	Regensburg AIS $\geq 2$ (in %)	Regensburg AIS $\geq 3$ (in %)	DGU-TR AIS $\geq 2$ (in %)
Kopf	56,9	52,9	59,8
Gesicht	25,2	7,2	16,2
Hals	7,6	5,8	1,2
Thorax	73	63,6	62,5
Abdomen	37,4	19,8	25,2
Wirbelsäule	40,2	19,7	34,8
Arme	42,1	4	35,6
Becken	28,1	22,3	24,0
Beine	34,5	22,7	33,2

**Tabelle 16: Anteil der verletzten Patienten nach dem AIS-Wert der betroffenen Körperregion in Regensburg sowie im gesamten Traumaregister 2007-2009 für ISS  $\geq 16$ .** Quelle: Jahresbericht 2010.

## Ergebnisse

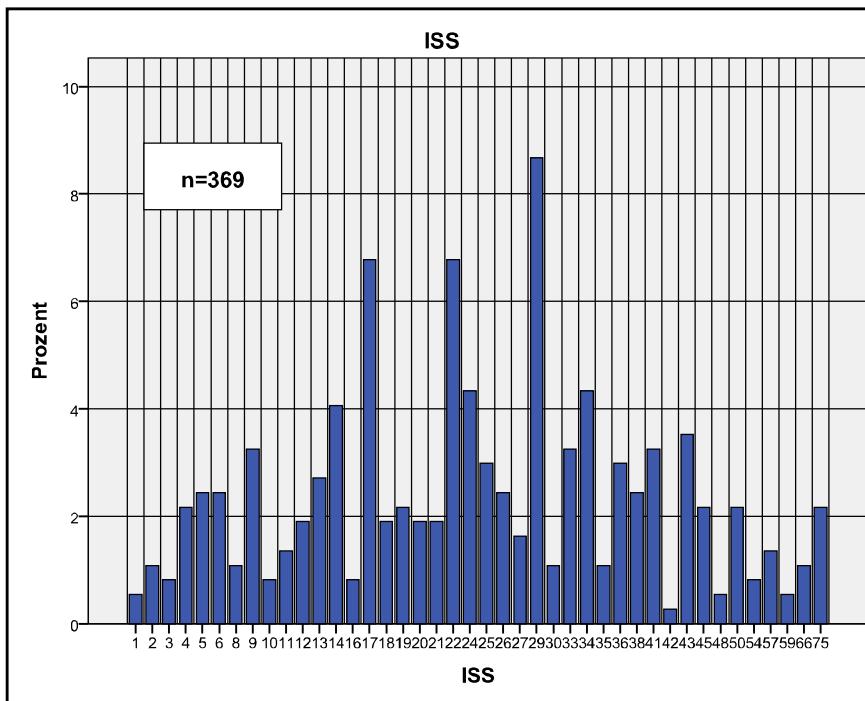


Abb. 16

		Häufigkeit	Prozente
Gültig	[0;16[	91	24,7
	[16;25[	98	26,6
	[25;32[	62	16,8
	[32;40[	52	14,1
	[40;57[	47	12,7
	[57;75[	19	5,1
	Gesamt	369	100,0

Tabelle 17: ISS in Gruppen

## Ergebnisse

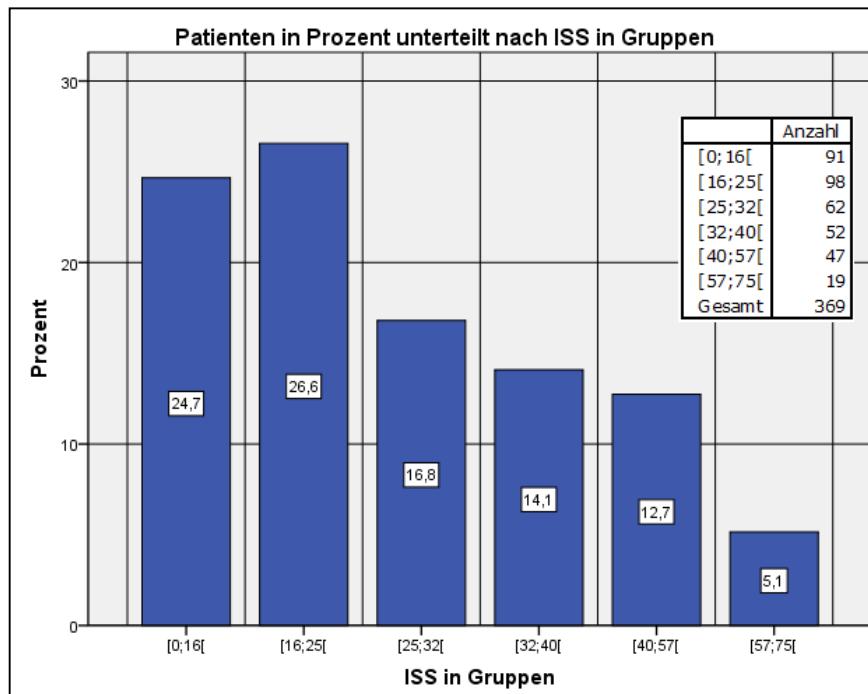


Abb. 17

### 4.1.1.4.2 NISS

Auch hier gibt es 369 gültige Werte mit einem Mittelwert von 32,21 und einem Median von 29,0. Diese liegen ebenfalls in einem Bereich zwischen eins und 75 und nehmen fünf Gipfelwerte bei 17, 22, 29, 34 sowie 41 an. Siehe Tabelle 18 und Abb. 18.

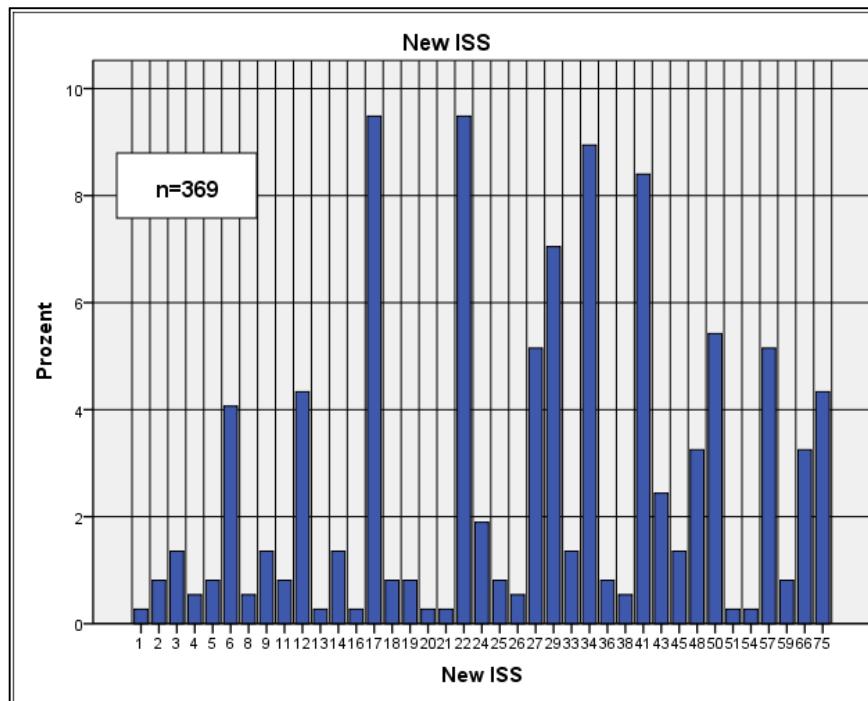


Abb. 18

## Ergebnisse

		Häufigkeit	Prozente
Gültig	[0;16[	61	16,5
	[16;25[	86	23,3
	[25;32[	50	13,6
	[32;40[	43	11,7
	[40;57[	79	21,4
	[57;75[	50	13,6
	Gesamt	369	100,0

Tabelle 18: NISS in Gruppen

### 4.1.1.4.3 Initiale GCS am Unfallort

Hier existieren 285 gültige Werte mit einem Mittelwert von 10,84 und einem Median von 13,0. Alle möglichen Werte von drei bis 15 kommen vor. Es fanden sich zwei Peaks bei 3 und bei 15, mit absolutem Maximum von 36,3% bei 15. Daneben zeigten 15,6% der Patienten den niedrigsten möglichen GCS-Wert von 3. 32,3% wiesen einen GCS  $\leq 8$  auf. Siehe Abb.19.

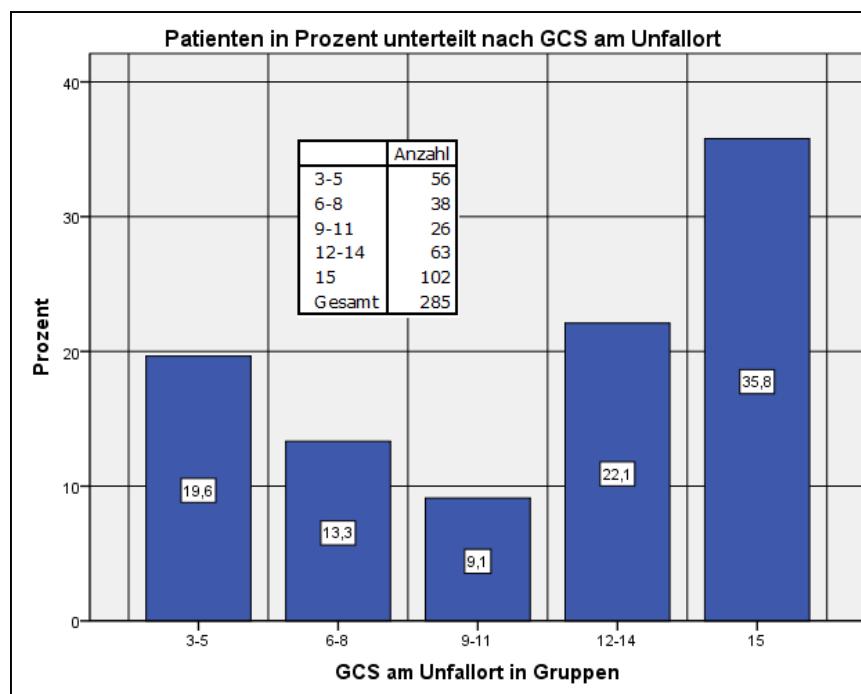


Abb. 19

#### 4.1.1.4.4 RTS am Unfallort

Anhand des vorliegenden Datensatzes wurden 265 gültige RTS-Werte ermittelt. Ihr Mittelwert liegt bei 6,53, der Median bei 7,26. Es kommen alle möglichen Werte zwischen null und 7,84 vor, wobei 48,7% der Patienten den höchstmöglichen RTS von 7,84 hatten. Weiterhin gibt es noch drei Gipfel bei 4,09, bei 5,97 sowie bei 6,90. Siehe Abb. 20 und Tabelle 19.

		RTS am Unfallort
N	Gültig	265
	Fehlend	131
Mittelwert		6,528988
Median		7,259200
Standardabweichung		1,7947180
Minimum		0,0000
Maximum		7,8408

Tabelle 19: Statistiken zum RTS

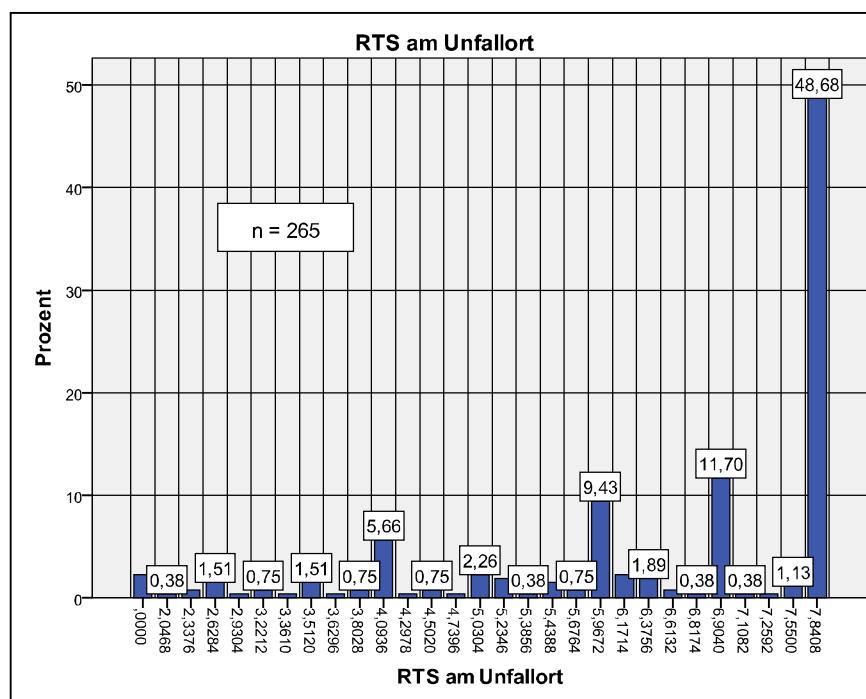


Abb. 20

## Ergebnisse

### 4.1.1.4.5 TRISS

Es wurden 264 gültige TRISS-Werte erhoben. Ihr Mittelwert lag bei einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 79,6%. Es kamen Werte von 0,1% bis 100% vor. Dabei erreichten 72,3% eine Überlebenswahrscheinlichkeit von  $\geq 80\%$ . Siehe Tabelle 20 und Abb. 21. Die tatsächliche Mortalität in der Grundgesamtheit betrug 12,7%.

		TRISS
N	Gültig	264
	Fehlend	132
Mittelwert		0,79585
Median		0,96850
Standardabweichung		0,305828
Minimum		0,001
Maximum		1,000

Tabelle 20: Statistiken zum TRISS

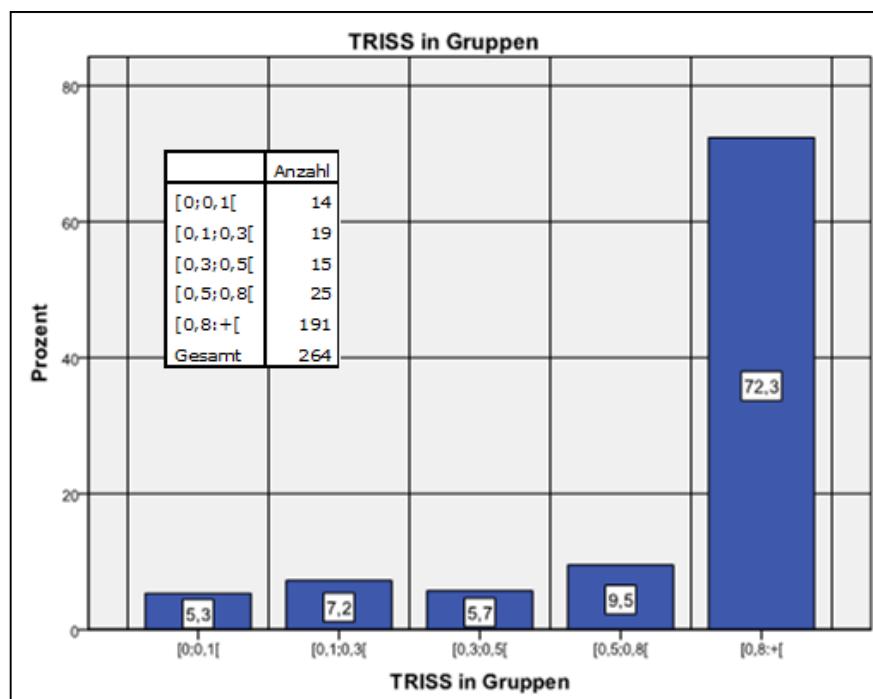


Abb. 21

## Ergebnisse

### 4.1.1.4.6 RISC

In diese Statistik konnten 358 gültige Werte mit einfließen. In diesem Fall ergab sich ein Mittelwert von 17,4% für die Letalitätsvorhersage. Hier lagen die Werte in einem Bereich von 0,69% bis 99,96%, wobei 65,4% der Patienten eine Letalitätswahrscheinlichkeit von  $\leq 19$  aufwiesen. Siehe Tabelle 21 und Abb.22. Die tatsächliche Mortalität in der Grundgesamtheit betrug 12,7% sowie 13,5% im Traumaregister nach dem DGU Jahresbericht 2010.[43]

Statistiken	RISC Mortalitäts-Prognose in %	
N	Gültig	358
	Fehlend	38
Mittelwert	17,37507	
Median	3,60900	
Standardabweichung	26,416031	
Minimum	0,690	
Maximum	99,957	

Tabelle 21: Statistiken zum RISC

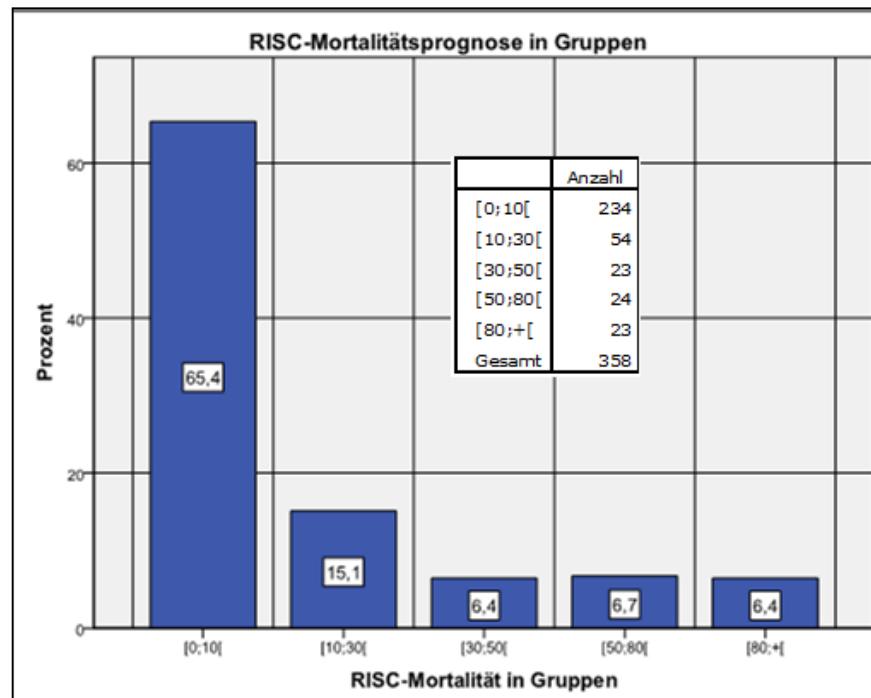


Abb. 22

## Ergebnisse

### 4.1.2 Die Körpertemperatur im Schockraum

Im Rahmen der Datenerhebung wurde bei 307 Patienten die Körpertemperatur im Schockraum gemessen. Der Mittelwert beträgt 36,0°C, der Median 36,2°C, die 25. Perzentile 35,5 und die 75. Perzentile 36,8.

Der niedrigste Wert liegt bei 29,4°C, der höchste bei 39,2°C. 117 Patienten wurden mit einer Körpertemperatur unter 36°C eingeliefert, davon waren 77 männlich und 40 weiblich. Bei 16 Patienten, darunter sieben Frauen, wurde eine Temperatur unter 34°C festgestellt. Davon hatten 13 Patienten, darunter sechs Frauen, einen ISS von mindestens 25. Die fünf geringsten Körpertemperaturen wurden alle bei Frauen gemessen, die einen ISS  $\geq 25$  aufwiesen.

Es erfolgt eine Unterteilung in zwei bzw. drei Gruppen: Hypotherm ( $< 36^\circ\text{C}$ )/Nicht Hypotherm ( $\geq 36^\circ\text{C}$ ) sowie Hypotherm ( $< 36^\circ\text{C}$ ), Normotherm ( $36\text{--}37,5^\circ\text{C}$ ) und erhöhte Temperatur ( $> 37,5^\circ\text{C}$ ). Unter diesen 307 Schockraumpatienten fanden sich 38,1% hypotherme, 56,7% normotherme sowie 5,2% mit erhöhter Temperatur. Es besteht keine Signifikanz für den Zusammenhang von Körpertemperatur im Schockraum und Geschlecht. Siehe Tabelle 22 sowie Abb. 23 und 24.

N	Gültig	307
	Fehlend	89
Mittelwert		36,044
Median		36,200
Standardabweichung		1,2083
Minimum		29,4
Maximum		39,2
Perzentile 25		35,500
50		36,200
75		36,800

Tabelle 22: Körpertemperatur im SR

## Ergebnisse

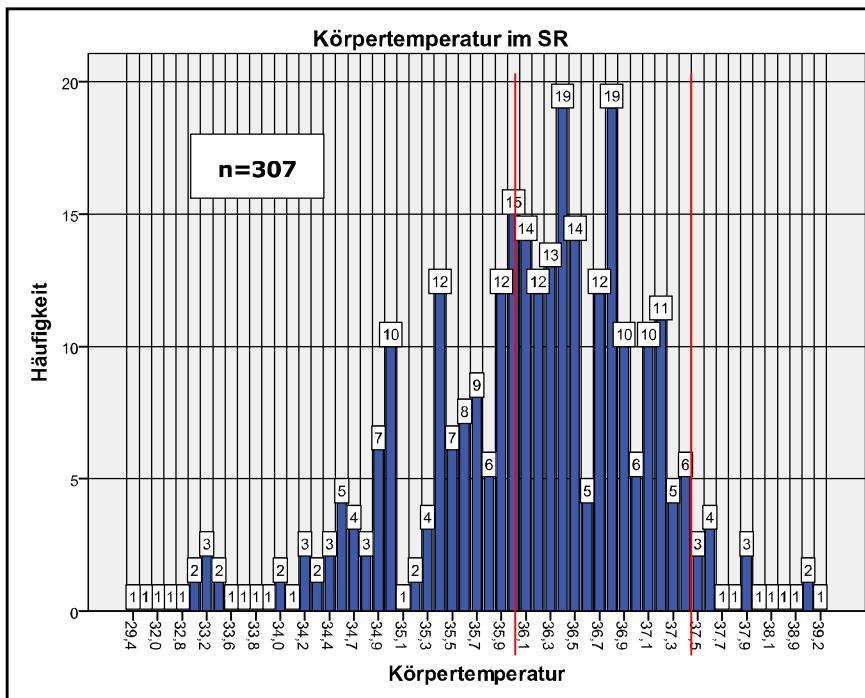


Abb. 23

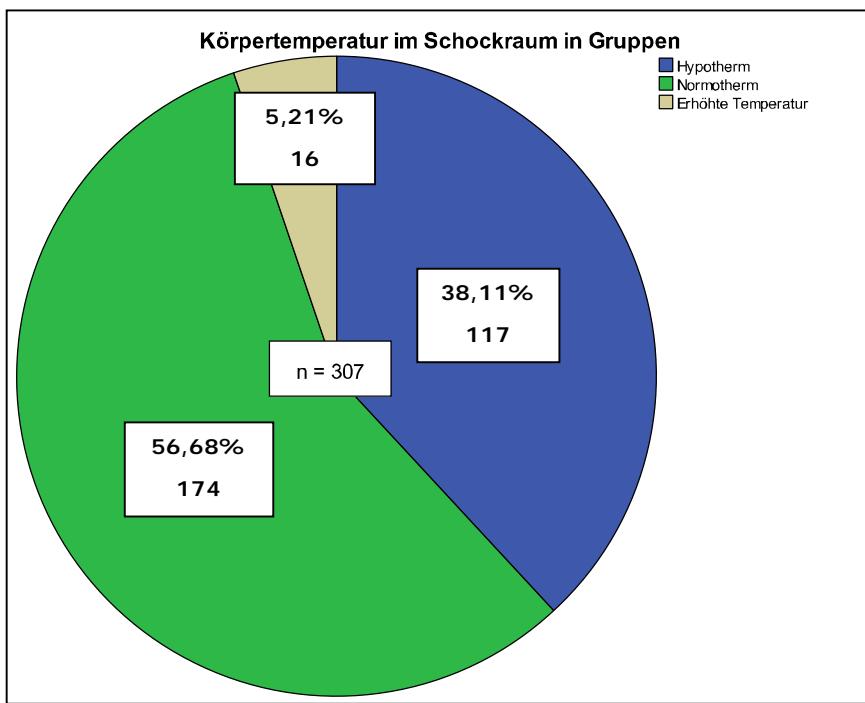


Abb. 24

#### 4.1.2.1 Direkte Einflussfaktoren auf die Körpertemperatur

Im Folgenden werden diverse mögliche präklinische und klinische Einflussfaktoren auf die Körpertemperatur aufgezeigt und deren Auswertung graphisch dargestellt.

Da die Verletzungsschwere, wie im Folgenden belegt, einen deutlichen Einfluss auf die Körpertemperatur hat, wurde die Grundgesamtheit bei der Auswertung von bestimmten Einflussfaktoren nach ISS-Wert  $\geq 25$  oder  $< 25$  in zwei Gruppen untergliedert. Dabei sind 51,2% leichter und 48,8% der Patienten schwerer verletzt.

So gelingt es, die Bedeutung der Faktoren für die Temperatur unabhängiger von der Verletzungsschwere darzustellen.

Der Median des ISS in dieser Datenbank liegt bei 24. Somit kommt es nahezu zu einer Halbierung der Datenbank bei ISS 25.

##### 4.1.2.1.1 Körpertemperatur im Schockraum und ISS

Mit dem Mann-Whitney-Test ist ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Körpertemperatur im Schockraum und der Verletzungsschwere nach dem ISS ( $p=0,001$ ,  $U=8562,5$ ) nachweisbar. Je schwerer die Verletzungen sind, desto höher ist der Anteil an Hypothermen. So finden sich unter den leichter Verletzten (ISS  $< 25$ ) 30,9% Unterkühlte sowie unter den schwerer Verletzten (ISS  $\geq 25$ ) 46,5% mit einer Körpertemperatur unter  $36,0^{\circ}\text{C}$ . Auch die Relation von ISS  $\geq 25$  bzw.  $< 25$  und Hypothermie im SR bzw. keine Hypothermie im SR ist mit  $p=0,005$  signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson. Vgl. Abb. 25 und 26.

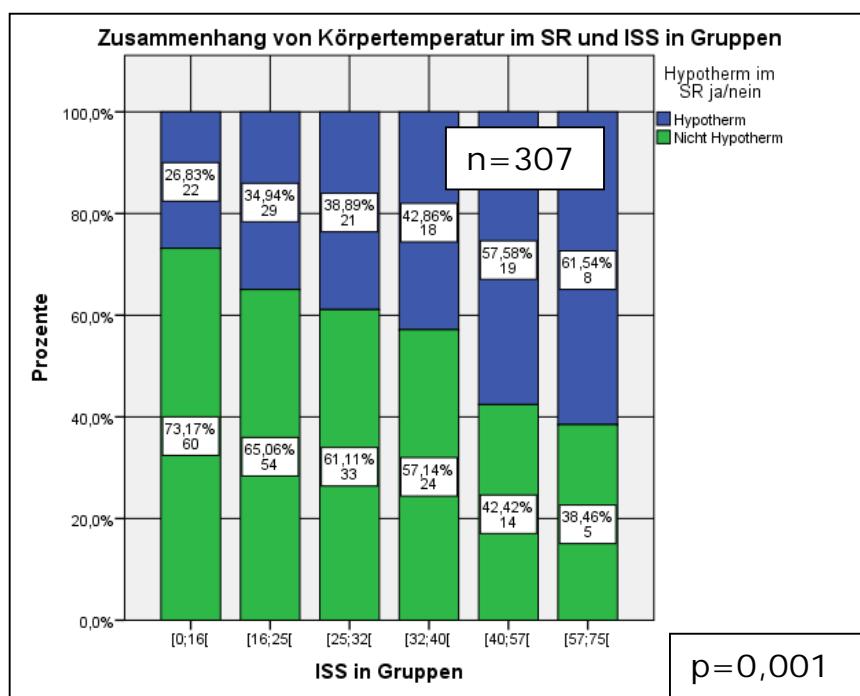


Abb. 25

## Ergebnisse

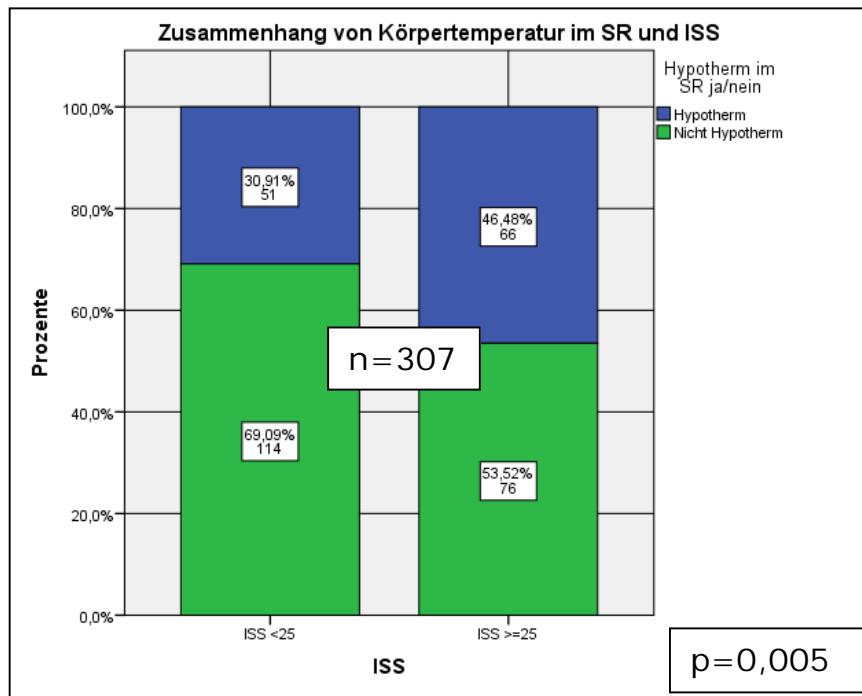


Abb. 26

Aus Abb. 27 ist ersichtlich, dass Körpertemperatur im Schockraum und NISS signifikant nach dem Mann-Whitney-Test korrelieren ( $p<0,001$ ,  $U=8329$ ). Bei zunehmendem NISS, steigt auch der Anteil der Hypothermen deutlich an. Allerdings findet sich zwischen ISS 32 und 57 eine zwischenzeitliche Abnahme des Hypothermieanteils.

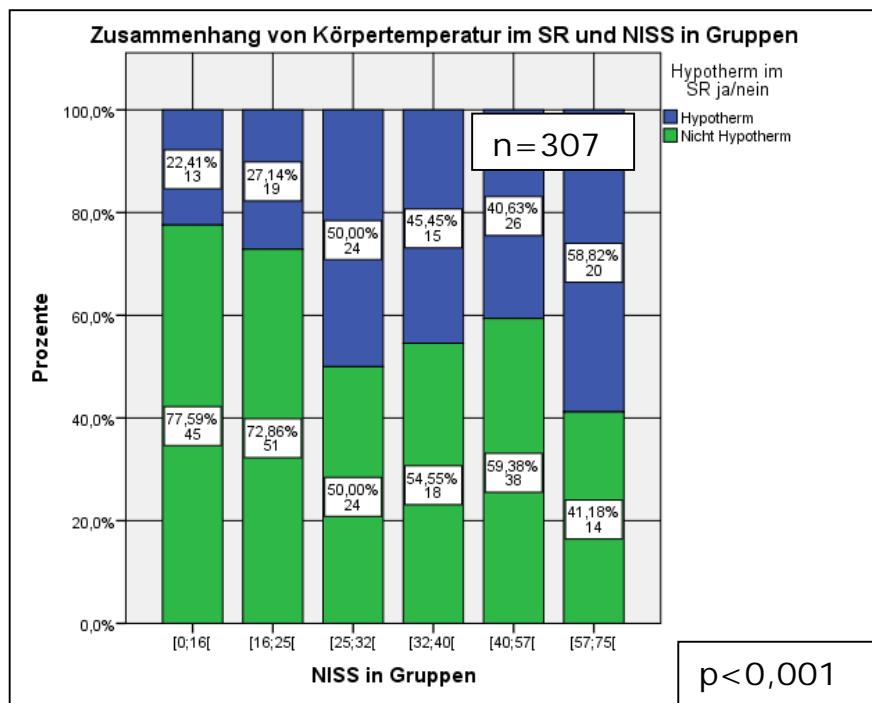


Abb.27

#### 4.1.2.1.2 Körpertemperatur im Schockraum und initiale GCS

Auch hier kann man nachweisen, dass nach dem Mann-Whitney-Test ein signifikanter Zusammenhang zwischen Körpertemperatur im Schockraum und GCS vorliegt ( $p<0,001$ ,  $U=5383$ ). Je geringer der GCS-Wert ist, desto größer ist der Anteil der Hypothermen. Siehe Abb. 28.

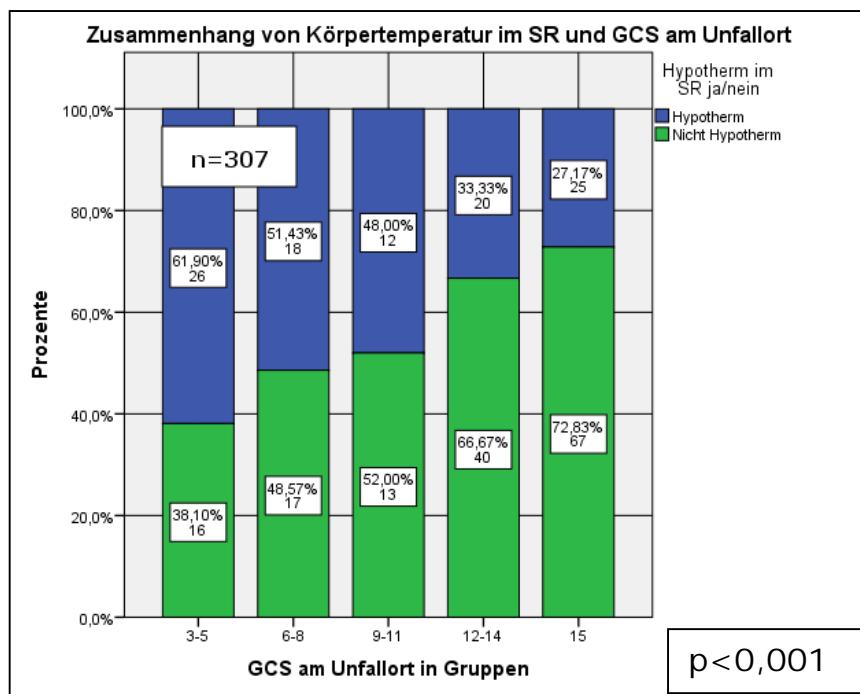


Abb. 28

#### 4.1.2.1.3 Körpertemperatur im Schockraum und TRISS-Prognose

Ebenso ist ein deutlicher, nach dem Mann-Whitney-Test signifikanter Bezug zwischen Körpertemperatur im Schockraum und TRISS-Prognose erkennbar ( $p<0,001$ ,  $U=4776,5$ ). Bei den schwerer Verletzten mit geringem TRISS-Wert ist der Anteil an Unterkühlten deutlich größer als bei leichter Verletzten mit größerem Wert. Die Abnahme des Hypothermieanteils erfolgt jedoch nicht linear, er erreicht sein Minimum zwischen 0,1 und 0,3. Siehe Abb. 29.

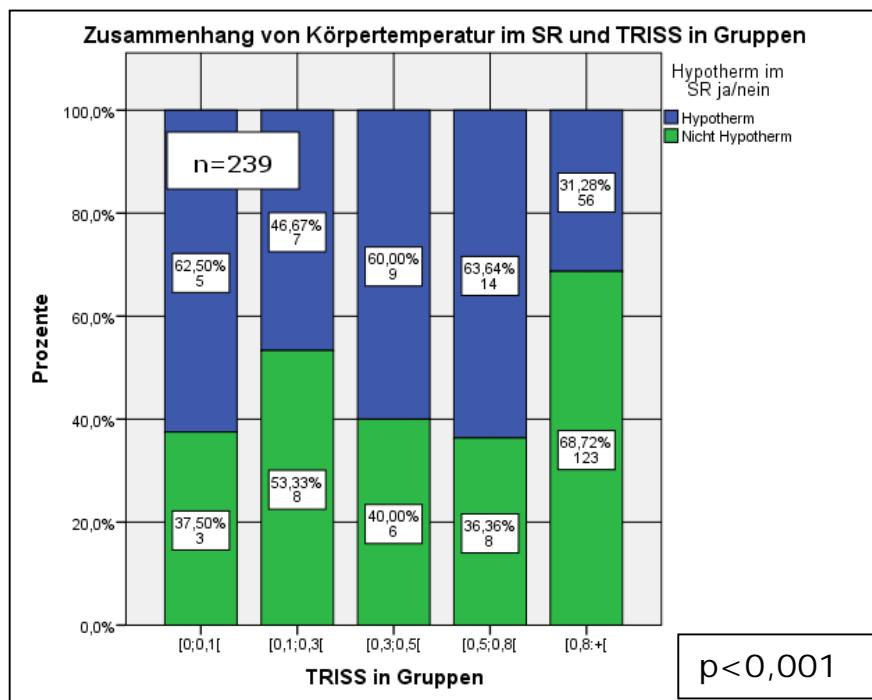


Abb. 29

## Ergebnisse

### 4.1.2.1.4 Körpertemperatur im Schockraum und RISC-Mortalitäts-Prognose

Wie oben ist auch hier eine, nach dem Mann-Whitney-Test, signifikante Korrelation von Körpertemperatur im Schockraum und RISC-Mortalitätsprognose erkennbar ( $p<0,001$ ,  $U=3918$ ). Analog ist auch hier bei größerem RISC-Wert der Anteil an Hypothermen höher. Siehe Abb. 30.

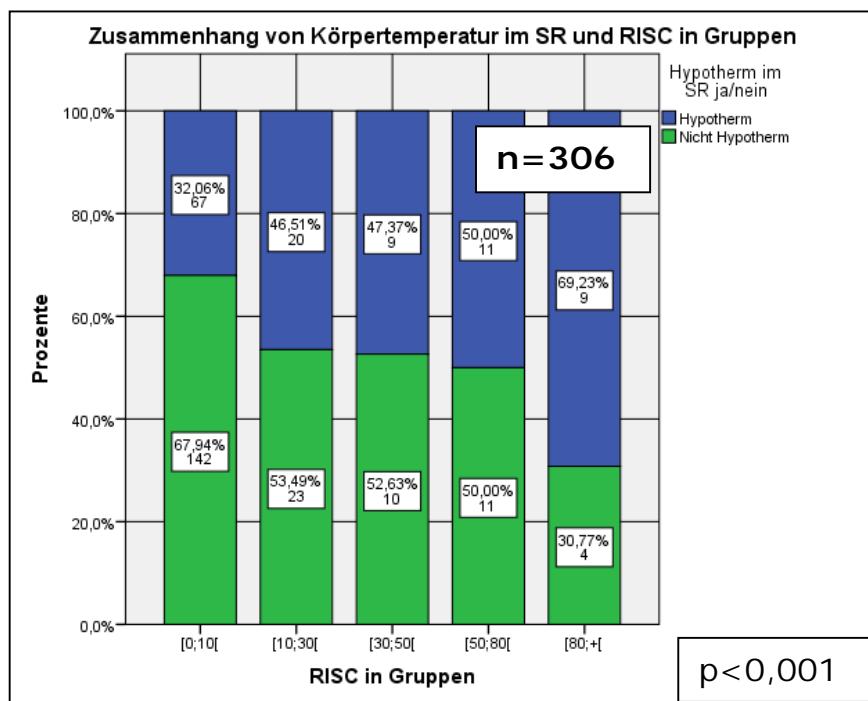


Abb. 30

#### 4.1.2.1.5 Körpertemperatur im Schockraum und präklinische Volumengabe

Es zeigt sich nach dem Mann-Whitney-Test eine signifikante Beziehung von Körpertemperatur im Schockraum und präklinischer Volumengabe ( $p=0,002$ ,  $U=5957,5$ ). Je größer die Volumengabe war, desto größer war auch der Anteil an Patienten mit einer Körpertemperatur unter  $36^{\circ}\text{C}$ . Siehe Abb. 31.

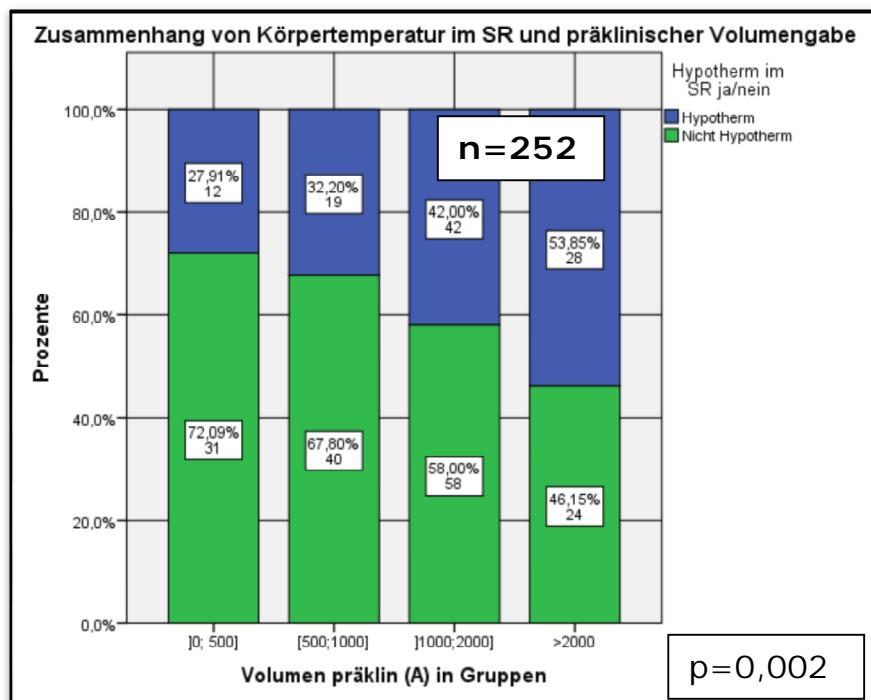


Abb. 31

#### 4.1.2.1.6 Körpertemperatur im Schockraum und präklinische Vitalparameter

Der systolische Blutdruck steht in einem nach dem Mann-Whitney-Test signifikanten Zusammenhang zur der Körpertemperatur im Schockraum ( $p<0,001$ ,  $U=4864$ ). Initial hypotone Patienten haben mit 55,8% einen deutlich höheren Anteil an Unterkühlten als initial hypertone Verletzte mit nur 12,0%. Vgl. Abb. 32.

Betroffene, die präklinisch reanimiert werden mussten, waren zu 75,0% hypotherm, im Gegensatz zu 38,8% bei den nicht Reanimierten. Diese Beziehung ist nach dem Mann-Whitney-Test ebenfalls signifikant ( $p=0,017$ ,  $U=10419,5$ ). Siehe Abb. 33.

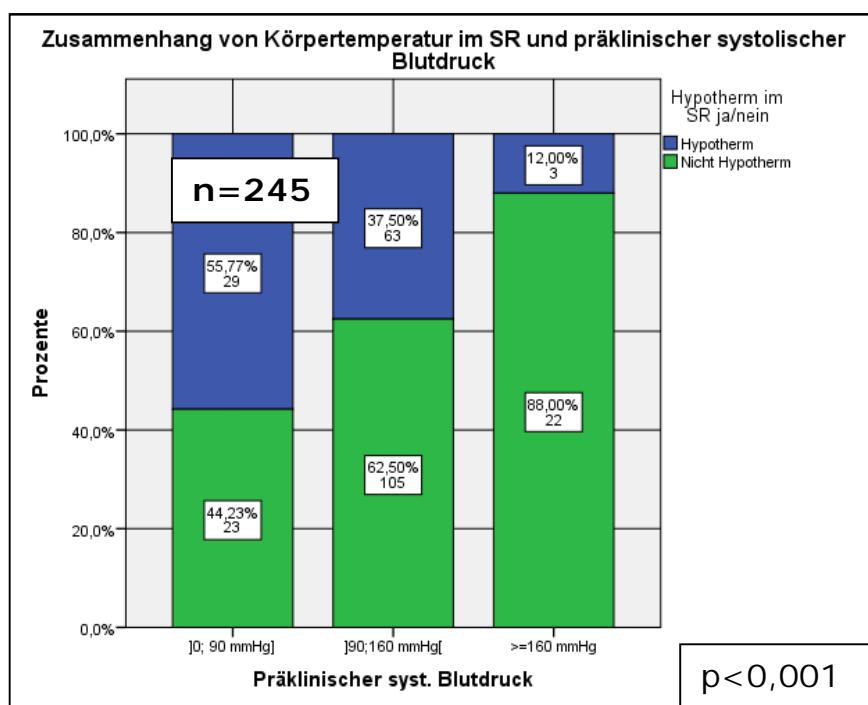


Abb. 32

## Ergebnisse

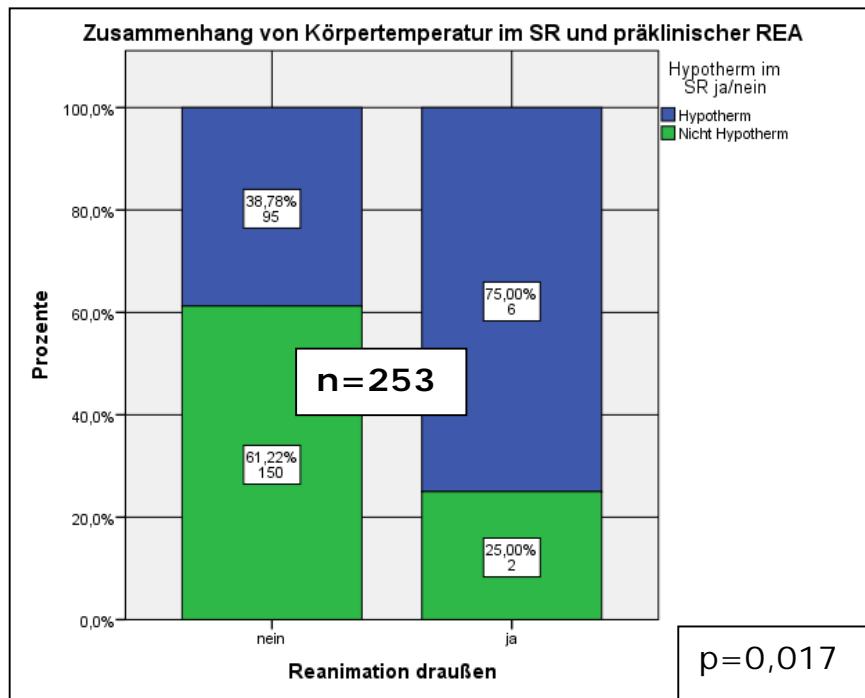


Abb. 33

### 4.1.2.1.7 Körpertemperatur im Schockraum und Alter

Insgesamt findet sich unter den älteren Patienten ein größerer Prozentsatz an Unterkühlten, hingegen bei den Kindern kein wesentlich größerer Anteil als bei den Erwachsenen im mittleren Lebensalter. Diese Variablen hängen aber nach dem Mann-Whitney-Test nicht signifikant zusammen ( $p=0,637$ ,  $U=10758,5$ ).

Bei den weniger schweren Polytraumata fällt auf, dass sowohl in der ersten als auch in der achten Lebensdekade der Anteil an unterkühlten Patienten mit 50% bzw. 66,7% höher liegt als bei Patienten mittleren Alters, es liegt jedoch auch hier nach dem Mann-Whitney-Test keine Signifikanz vor.

Auch bei den schweren Polytraumata wurden alle Patienten in der achten und neunten Lebensdekade unterkühlt eingeliefert, wobei hier die Kinder keine stärkere Untertemperatur aufwiesen als die durchschnittlichen Erwachsenen. Dagegen kamen 66,7% aller 30 bis 40-jährigen Schwerstverletzten mit einer Körpertemperatur unter 36,0°C ins Krankenhaus. Wie oben liegt nach dem Mann-Whitney-Test keine Signifikanz vor. Siehe Abb. 34.

## Ergebnisse

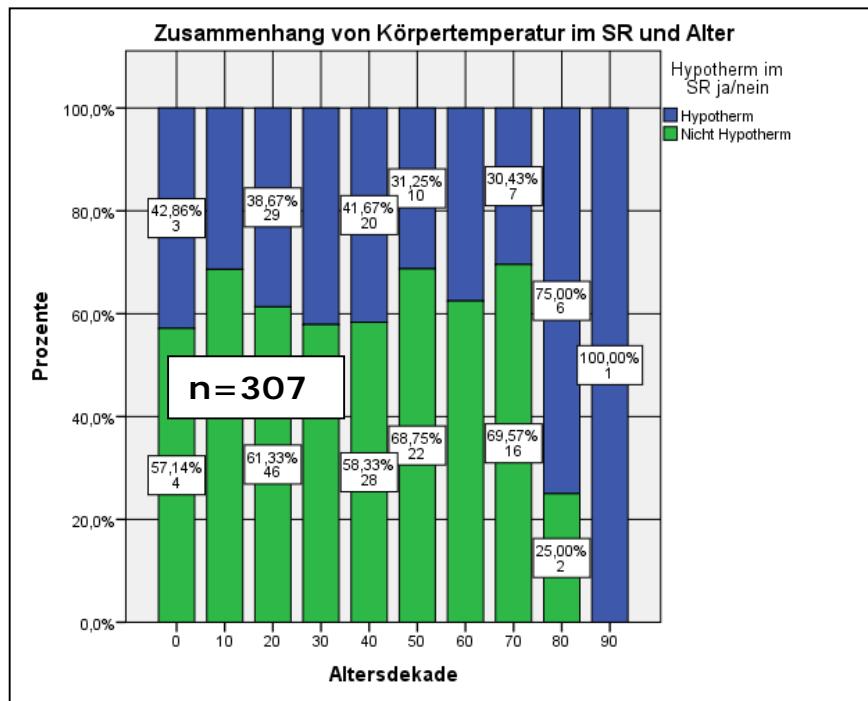


Abb. 34

### 4.1.2.1.8 Körpertemperatur im Schockraum und Geschlecht

Insgesamt findet sich bei den Frauen mit 41,2% ein etwas größerer Anteil an Hypothermen im SR als bei den Männern mit 36,7%. Dies ist jedoch nach dem Mann-Whitney-Test nicht signifikant ( $p=0,444$ ,  $U=10649,5$ ). Siehe Abb. 35.

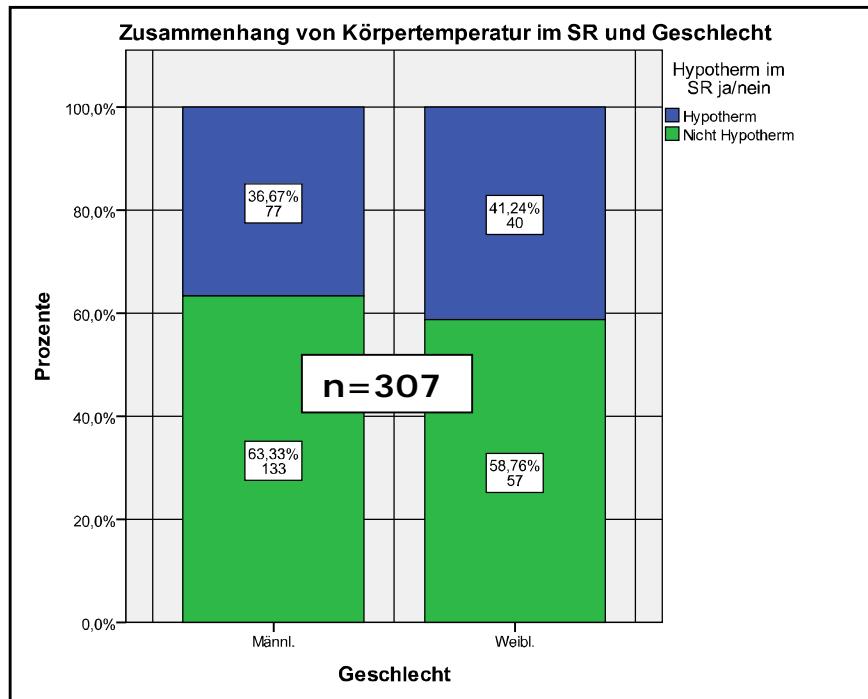


Abb. 35

## Ergebnisse

Bei den weniger schwer Betroffenen findet sich abhängig vom Geschlecht mit 31,5% bzw. 30,9% nahezu kein Unterschied im Anteil an Unterkühlten. Siehe Abb. 36.

Dagegen sind die schwerstverletzten Frauen mit 54,8% stärker unterkühlt als die schwerstverletzten Männer mit 43,0%. Dieser Zusammenhang ist jedoch auch nicht signifikant nach dem Mann-Whitney-Test ( $p=0,201$ ,  $U=2261$ ). Siehe Abb.37.

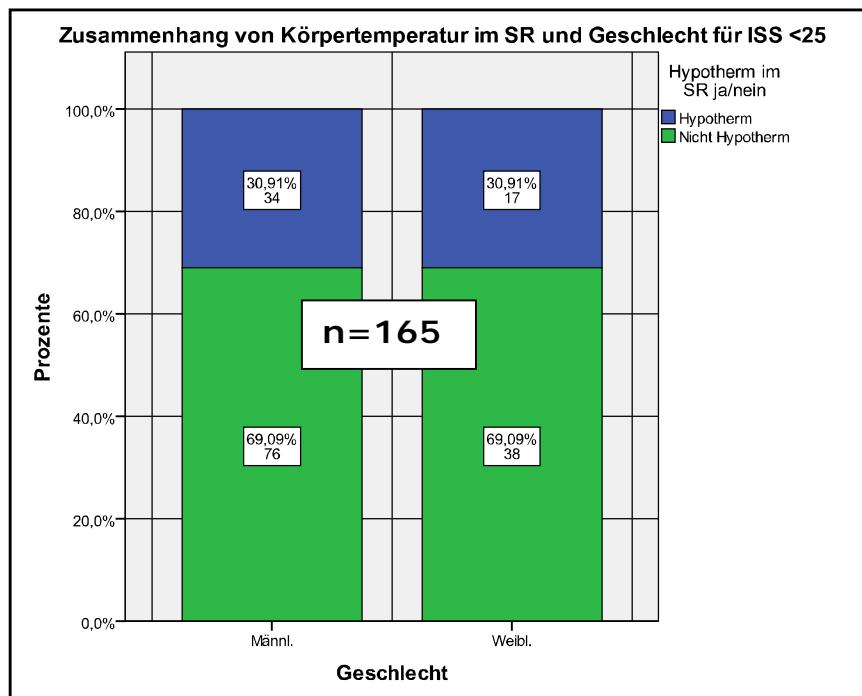


Abb. 36

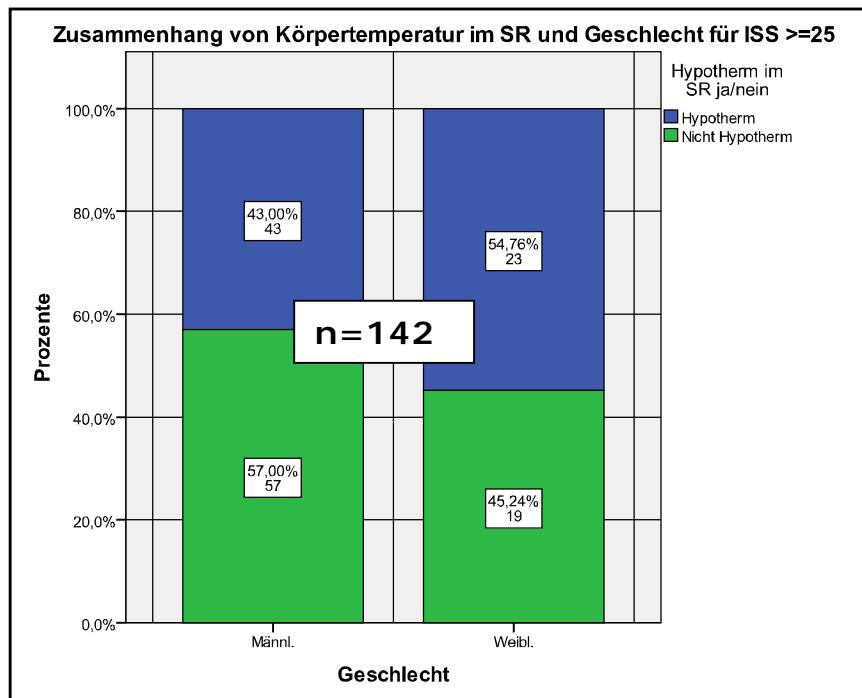


Abb. 37

#### 4.1.2.1.9 Körpertemperatur im Schockraum und BMI

Bei den Männern liegt der BMI im Mittel bei 27,6 sowie im Median bei 25, bei den Frauen im Mittel bei 24,2 sowie im Median bei 23,5. Sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen besteht kein wesentlicher BMI-Unterschied in beiden Verletzungsschweregruppen. In der Gesamtheit finden sich bei den Untergewichtigen etwas mehr Unterkühlte als bei den Übergewichtigen. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht signifikant nach dem Mann-Whitney-Test ( $p=0,460$ ,  $U=1409,5$ ).

In der Gruppe der Leichterverletzten ist der Anteil an Unterkühlten unabhängig vom BMI.

Bei den Patienten mit ISS  $\geq 25$  sind aber die untergewichtigen Patienten etwas stärker unterkühlt, als die Adipösen, wobei auch in der Gruppe, in der der BMI zwischen 25 und 30 liegt, 66,6% eine Körpertemperatur unter 36°C hatten. Es besteht wie oben nach dem Mann-Whitney-Test aber kein signifikanter Zusammenhang ( $p=0,179$ ,  $U=241,5$ ). Siehe Abb. 38.

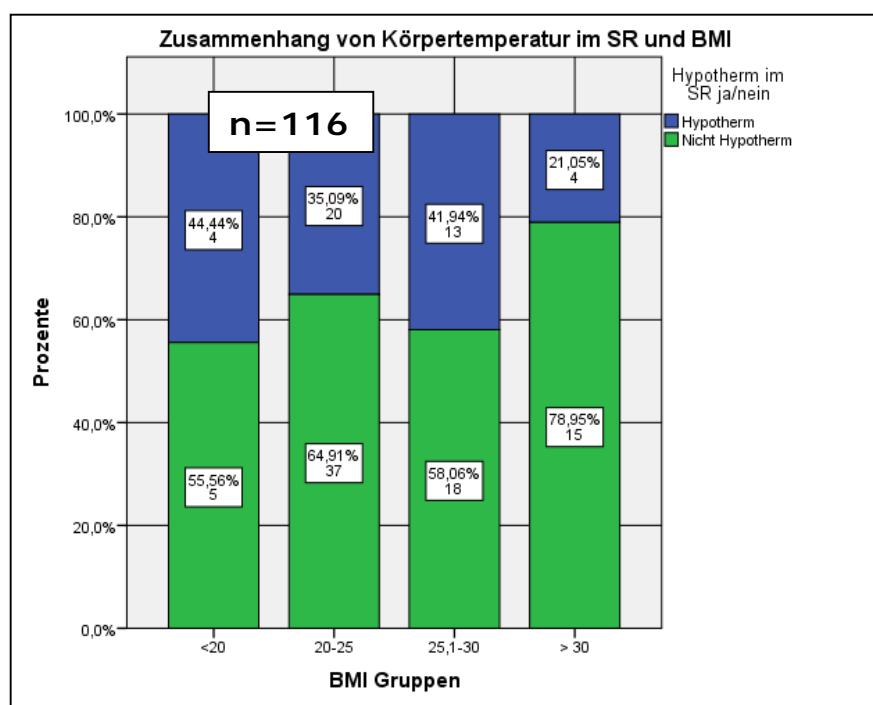


Abb. 38

#### 4.1.2.1.10 Körpertemperatur im Schockraum und Jahreszeit

Man stellt fest, dass in der kalten Jahreszeit etwas mehr unterkühlte Patienten eingeliefert wurden als in der warmen. Nämlich im Winter (Dezember bis Februar) 56,3%, im Frühjahr (März bis Mai) 47,4%, im Herbst (September bis November) 27,9% und im Sommer (Juni bis August) 34,8%. Nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson ist dieser Zusammenhang mit  $p=0,030$  signifikant. Siehe Abb. 41.

Bei den Schwerstverletzten ist diese Relation noch deutlich erkennbar als bei den weniger schwer Verletzten. Hier waren im Winter 70,6%,

## Ergebnisse

im Frühjahr 52,9%, im Sommer 44,0% und im Herbst 32,0% hypotherm. Diese Korrelation ist aber nicht signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson ( $p=0,095$ ). Siehe Abb. 42.

Abb. 40 stellt den Anteil an Hypothermen für jeden Unfallmonat dar.

Aus Abb. 39 ist ersichtlich, dass während des Sommerhalbjahres und im Dezember der Großteil der polytraumatisierten Patienten eingeliefert wurde.

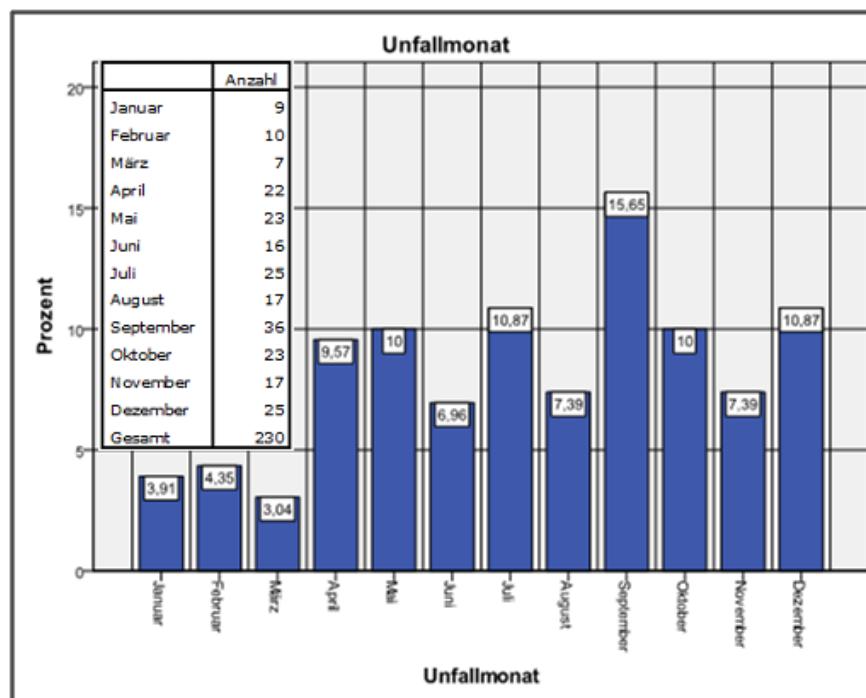


Abb. 39

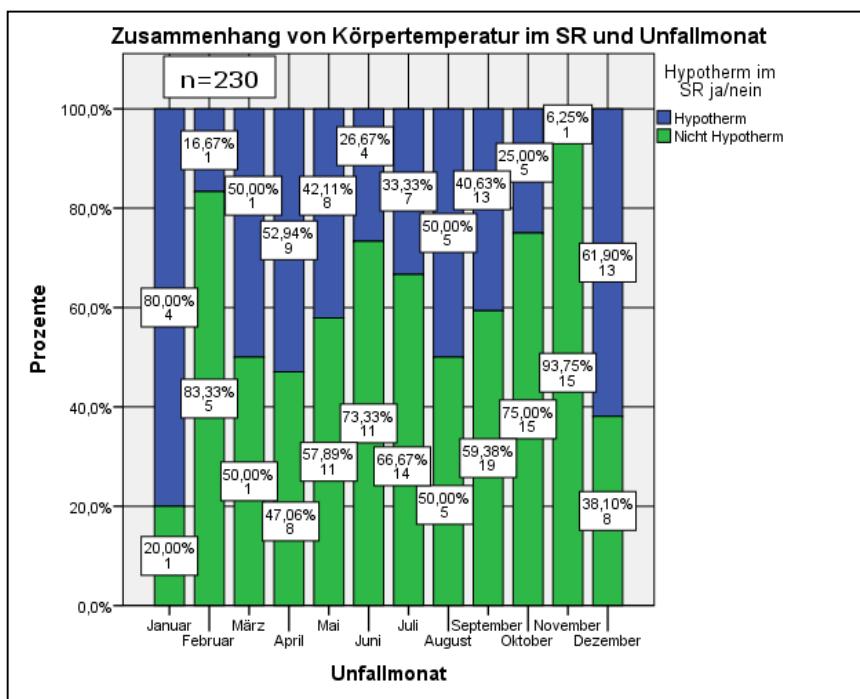


Abb. 40

## Ergebnisse

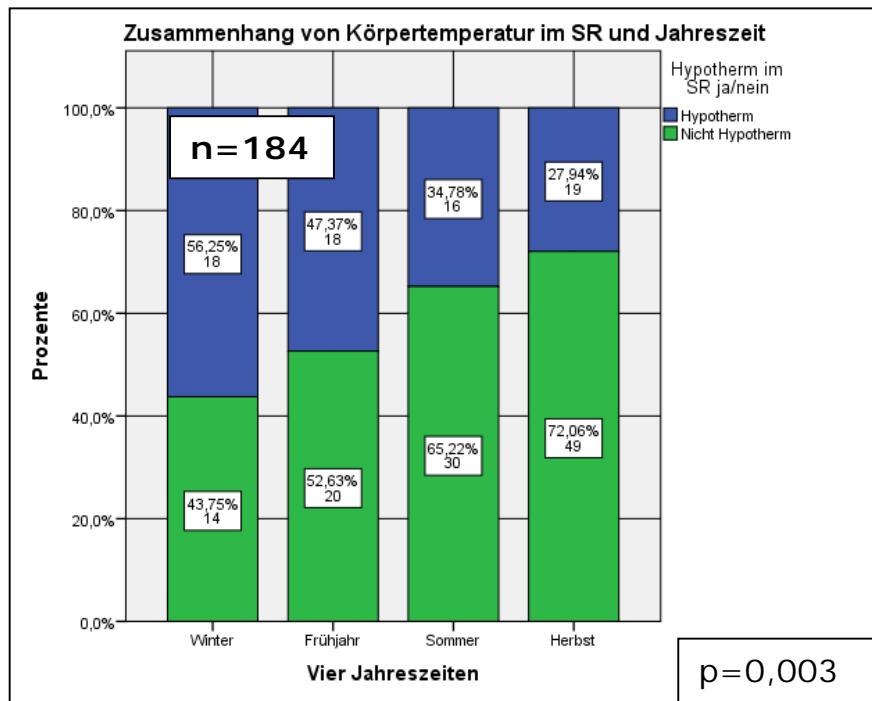


Abb. 41

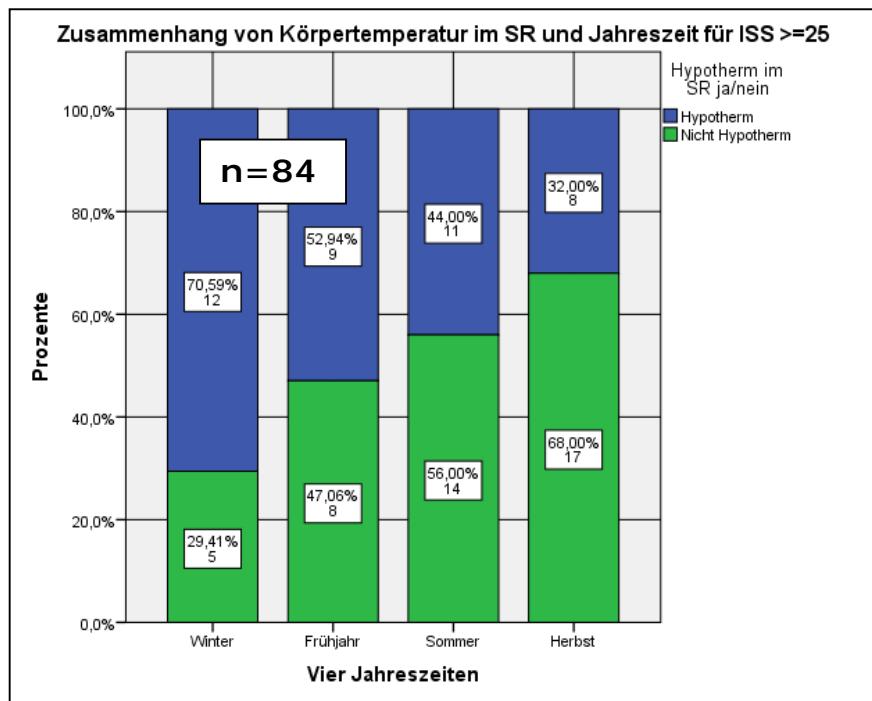


Abb. 42

#### 4.1.2.1.11 Körpertemperatur im Schockraum und Tageszeit

Unter allen Einlieferungen sind mit 48,1% in der Nacht, verglichen mit 34,7% tagsüber, signifikant mehr Patienten unterkühlt ( $p=0,034$  im Chi-Quadrat-Test nach Pearson). In der Gruppe der weniger Schwerverletzten spielt die Tageszeit bei Einlieferung nahezu keine Rolle. Allerdings korreliert die Tageszeit bei Ankunft schwerer Verletzter mit  $p=0,043$  im Chi-Quadrat-Test nach Pearson ebenfalls signifikant mit der Körpertemperatur im Schockraum. Nachts eingelieferte schwere Polytraumata sind somit öfter unterkühlt. Siehe Abb. 43.

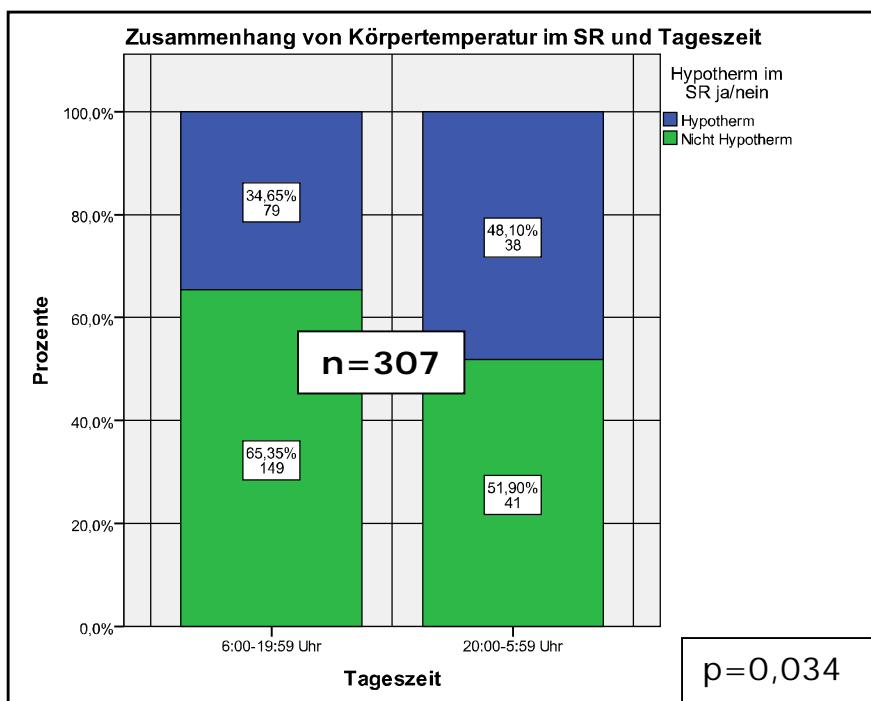


Abb. 43

#### 4.1.2.1.12 Körpertemperatur im Schockraum und Zuverlegung

Die zuverlegten Patienten sind mit 29,6% seltener hypotherm als die nicht zuverlegten Personen mit 40,2%. Jedoch ist dieser Zusammenhang mit  $p=0,146$  nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson nicht signifikant.

In der Gruppe ISS <25 sind mit 26,9% nicht wesentlich weniger unterkühlt als die nicht zuverlegten Verletzten mit 32,1%.

Dagegen lässt sich bei den Patienten mit ISS  $\geq 25$  durchaus feststellen, dass bei den primär Eingelieferten mit 50,0% mehr hypotherm sind als bei den Zuverlegten mit 32,1%. Dieser Zusammenhang ist mit  $p=0,009$  nach Chi-Quadrat nach Pearson signifikant. Es konnte nur bei 54 von 87 Zuverlegungen eine Temperatur erhoben werden. Siehe Abb. 44 und 45.

## Ergebnisse

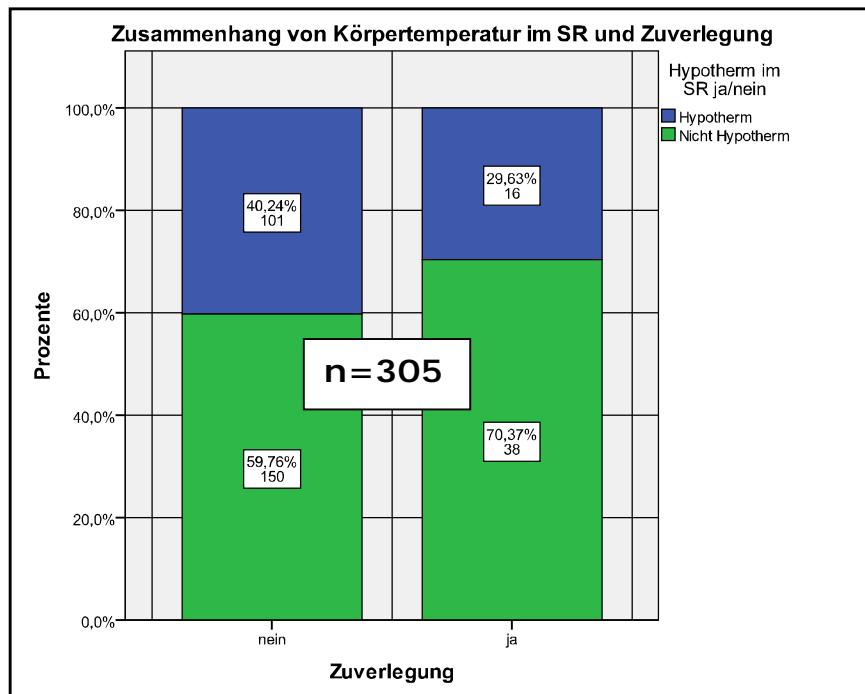


Abb. 44

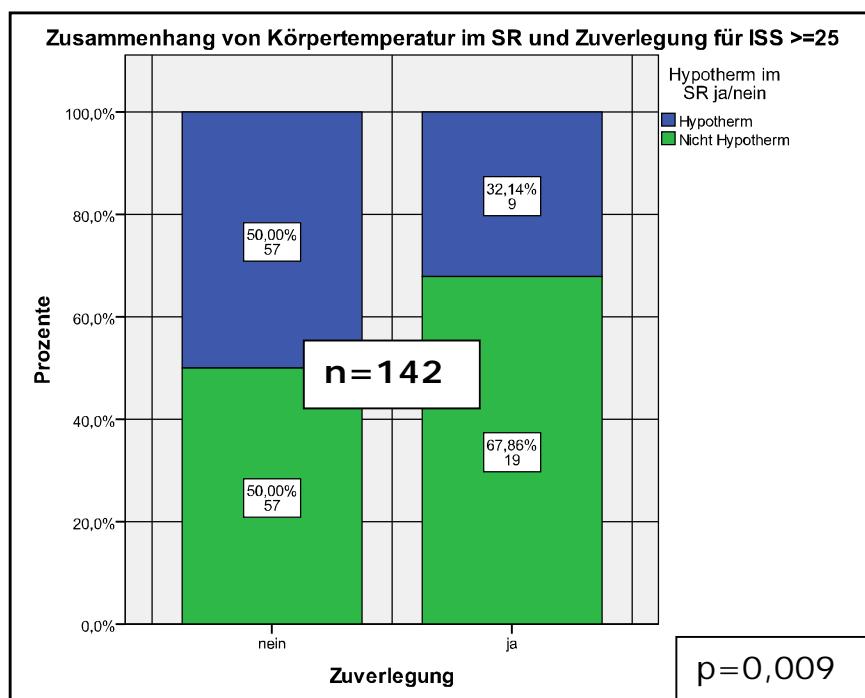


Abb. 45

## Ergebnisse

### 4.1.2.1.13 Körpertemperatur im Schockraum und Durchführung einer technischen Rettung

Es lässt sich erkennen, dass nach erfolgter technischer Rettung der Anteil an Unterkühlten mit 50,9% größer ist als ohne mit 35,6%. Dies ist nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson mit  $p=0,042$  signifikant.

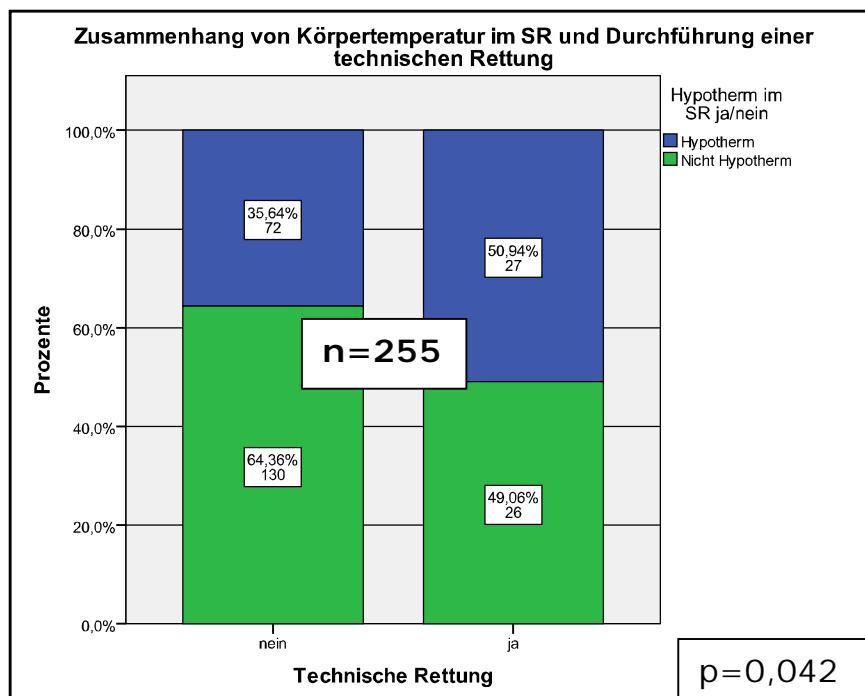
Bei der Schwerstverletzten sind nach technischer Rettung 64,0% der Patienten unterkühlt bzw. ohne 43,0%. Hier liegt nach dem Chi-Quadrat-Test der  $p$ -Wert bei 0,060. Diese Relation ist somit deutlicher ausgeprägt als bei den leichter Verletzten. Siehe Abb. 46 und 47.

Die präklinische Dauer korreliert nur tendenziell mit der Durchführung einer technischen Rettung. Siehe Tabelle 23.

**Präklinische Zeit in Gruppen \* Technische Rettung ja/nein Kreuztabelle**

Anzahl		Technische Rettung ja/nein		Gesamt
		nein	ja	
	Bis 30 Min	2	0	2
	30-60 Min	19	2	21
Zeit präklin. in Gruppen	60-90 Min	52	6	58
	90-120 Min	25	7	32
	Größer 120 Min.	9	4	13
Gesamt		107	19	126

**Tabelle 23**



**Abb. 46**

## Ergebnisse

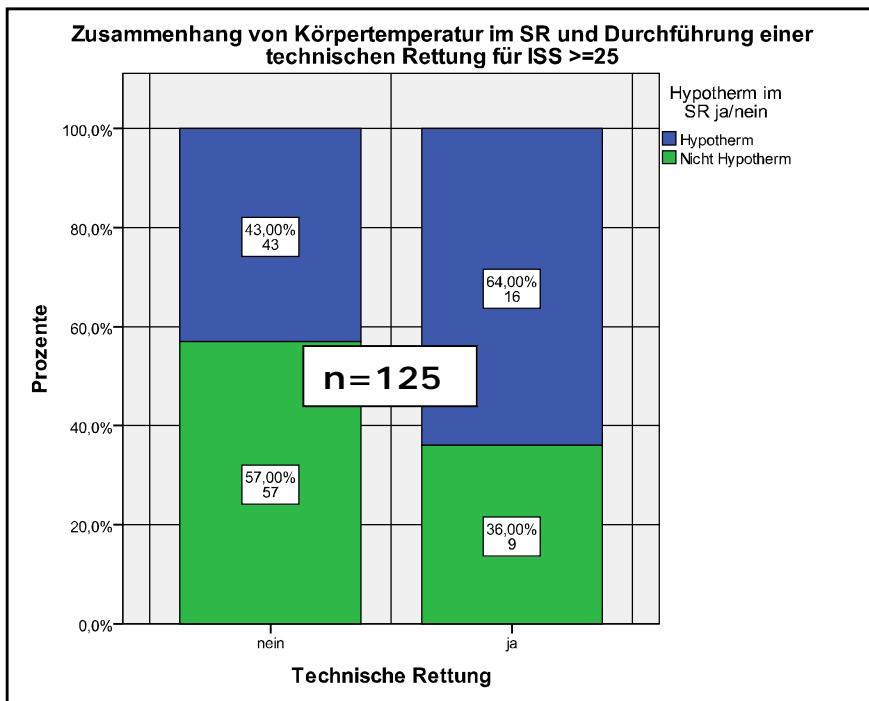


Abb. 47

### 4.1.2.1.14 Körpertemperatur im Schockraum und Transportart sowie präklinische Dauer

Insgesamt fällt auf, dass bodengebunden eingelieferte Patienten etwas häufiger unterkühlt eintrafen als luftgebunden Gebrachte. Insgesamt wurden 174 Patienten mit dem Rettungshubschrauber und 80 bodengebunden eingeliefert. Es liegt hier jedoch nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson keine Signifikanz vor ( $p=0,546$ ). Siehe Abb. 48.

In der Gruppe mit ISS mindestens 25 wurden 82 Patienten luftgebunden und 32 Patienten bodengebunden gebracht.

Unter den bodengebunden Transportierten beträgt der ISS im Mittel 24,4 sowie im Median 21.

Bei den luftgebunden Eingelieferten beträgt der ISS im Mittel 26,2 sowie im Median 25.

Weiterhin beträgt die Transportzeit bodengebunden im Median 15,5 Minuten bzw. im Mittel 19,7 Minuten sowie im RTH im Median 22 Minuten sowie im Mittel 22,7 Minuten.

Die präklinische Dauer beträgt bodengebunden im Mittel 56,2 Minuten sowie im Median 53 Minuten bzw. luftgebunden im Mittel 67,3 Minuten sowie im Median 65 Minuten.

Ferner zeigt sich auch, dass der Aufenthalt am Unfallort bei Transport mit dem RTH mit im Mittel 44,5 Minuten bzw. im Median 40 Minuten länger dauerte als bei bodengebundenem Transport mit im Mittel 35,3 Minuten sowie im Median 30 Minuten.

## Ergebnisse

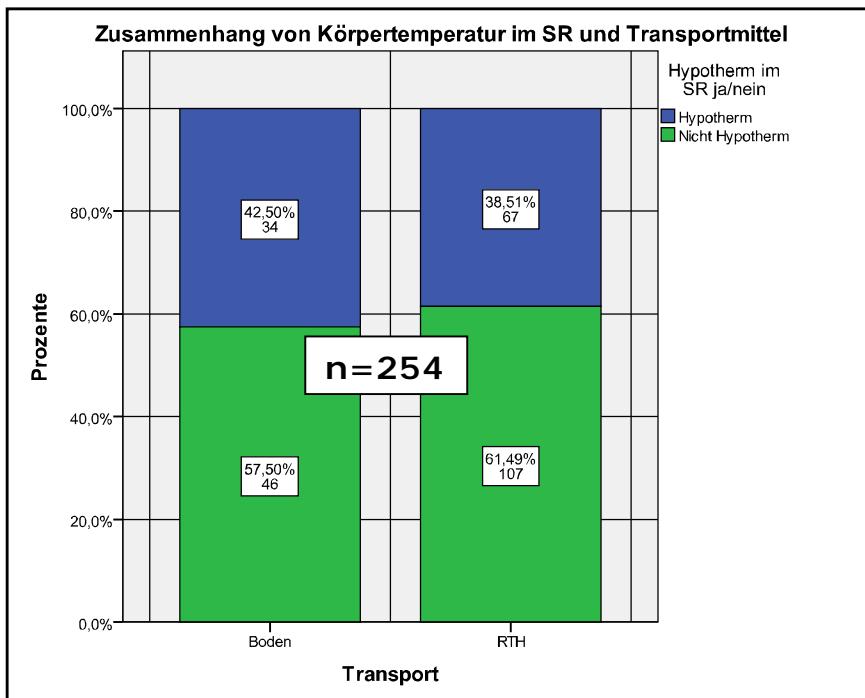


Abb. 48

Weder bei den leichteren noch bei den schwereren Polytraumata lässt sich ein eindeutiger Zusammenhang nach dem Mann-Whitney-Test zwischen Körpertemperatur im Schockraum und präklinischer Dauer feststellen. Dabei nimmt aber bei den Schwerstverletzten im Bereich der präklinischen Dauer zwischen 30 und 120 Minuten der Anteil der Hypothermen kontinuierlich zu. Siehe Abb. 49 und 50.

Untersucht man die präklinische Dauer in Abhängigkeit vom ISS, so stellt man fest, dass die massiv verletzten Patienten eher schneller versorgt werden als die weniger schwer Betroffenen. Es liegt jedoch keine Signifikanz nach dem Kruskal-Wallis-Test vor. In der Gruppe ISS mindestens 25 liegt der Median der präklinischen Dauer bei 75 Minuten, in der Gruppe ISS kleiner 25 bei 84 Minuten. Jedoch dauerte die Versorgung von Patienten mit ISS mindestens 57 deutlich länger, als bei den nicht ganz so massiv Verletzten.

Zusätzlich hängt die Anzahl der präklinisch durchgeföhrten Maßnahmen nicht unmittelbar mit der präklinischen Dauer zusammen. Dies ist nicht signifikant nach dem Kruskal-Wallis-Test. Bei den Leichterverletzten wurden im Mittel 2,5 bzw im Median 2,0 präklinische Maßnahmen durchgeführt, bei den Schwererverletzten im Mittel 3,3 sowie im Median 3,0. Bei den Patienten ab ISS 50 wurden im Median 4, im Mittel 3,9 Präklinische Maßnahmen ausgeführt. Bei 25%, also 4 von 16, dieser am schwersten Verletzten erfolgte eine technische Rettung.

## Ergebnisse

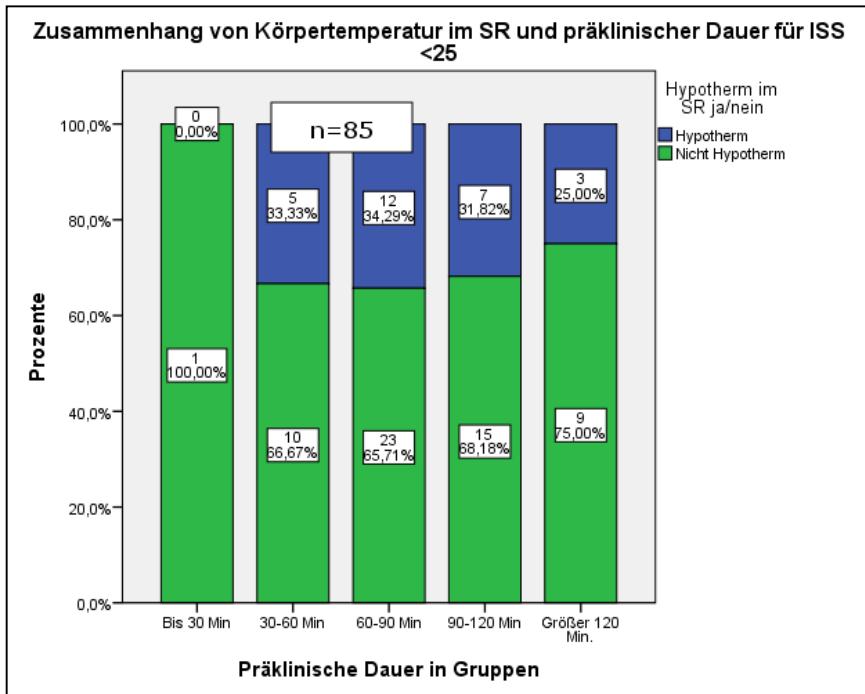


Abb. 49

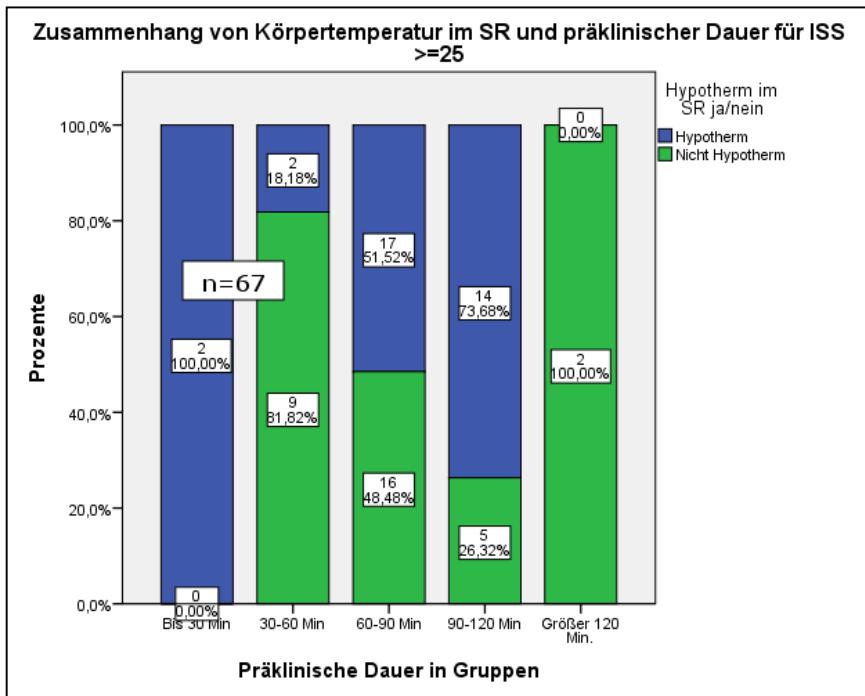


Abb. 50

#### 4.1.2.1.15 Körpertemperatur im Schockraum und präklinische Analgesie

Aus den anschließenden Graphiken (Abb. 51 und 52) lässt sich ersehen, dass die Schwerstverletzten etwas häufiger mit Analgetika behandelt wurden als die weniger stark Betroffenen, wobei der Unterschied nicht groß war. Zwischen 88,6% und 98,0% erhielten in den einzelnen ISS-Gruppen Schmerzmittel. Alles in allem führt eine Analgesie zu einer leichten Verstärkung der Auskühlung. Unter der Medikation waren 40,4% hypotherm, ohne dagegen nur 16,7%. Es liegt keine Signifikanz vor.

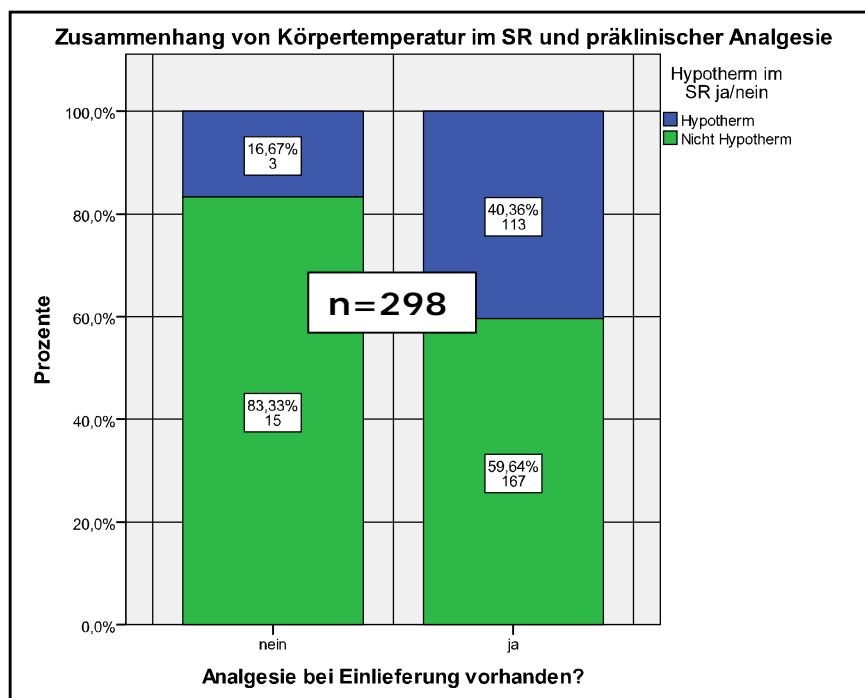


Abb. 51

## Ergebnisse

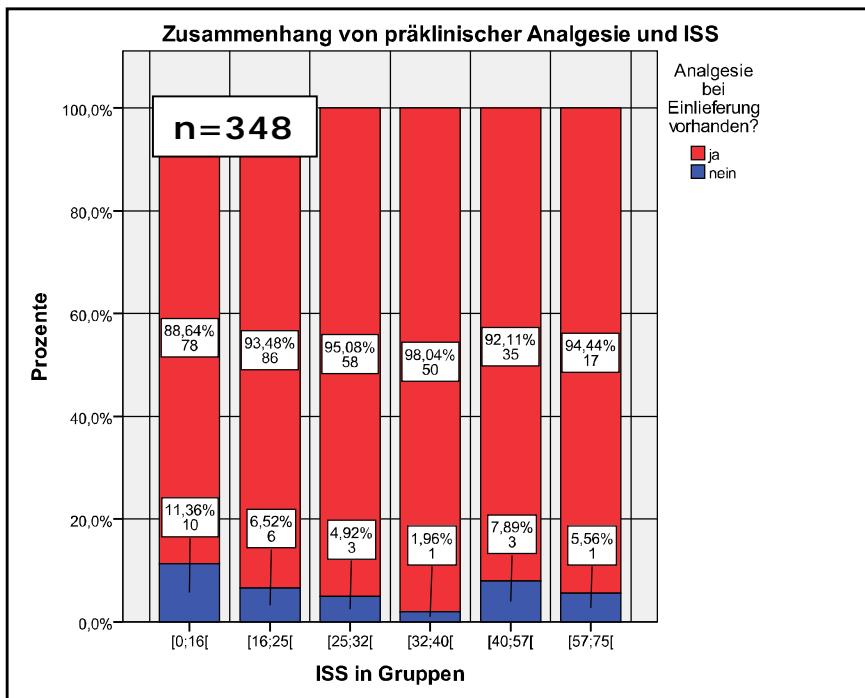


Abb. 52

### 4.1.2.1.16 Körpertemperatur im Schockraum und Intubation

In folgenden Graphiken lässt sich erkennen, dass die Durchführung einer präklinischen Intubation unabhängig von der Verletzungsschwere eine verstärkte Auskühlung zur Folge hat. Dies ist nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson mit  $p<0,001$  hochsignifikant. Die Intubationsrate liegt bei 48,6% der leichter Verletzten sowie 84,2% der Schwerstverletzten. Unter den leichter verletzten Intubierten waren 49,4% hypotherm, unter den leichter verletzten nicht Intubierten nur 11,5%. Bei den Schwerstverletzten hatten unter den Intubierten 50,0% einer Körpertemperatur von weniger als 36,0°C, unter den nicht Intubierten nur 27,3%. Diese Relation ist für beide Gruppen mit  $p<0,001$  bzw.  $p=0,049$  signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson. Siehe Abb. 53-55.

## Ergebnisse

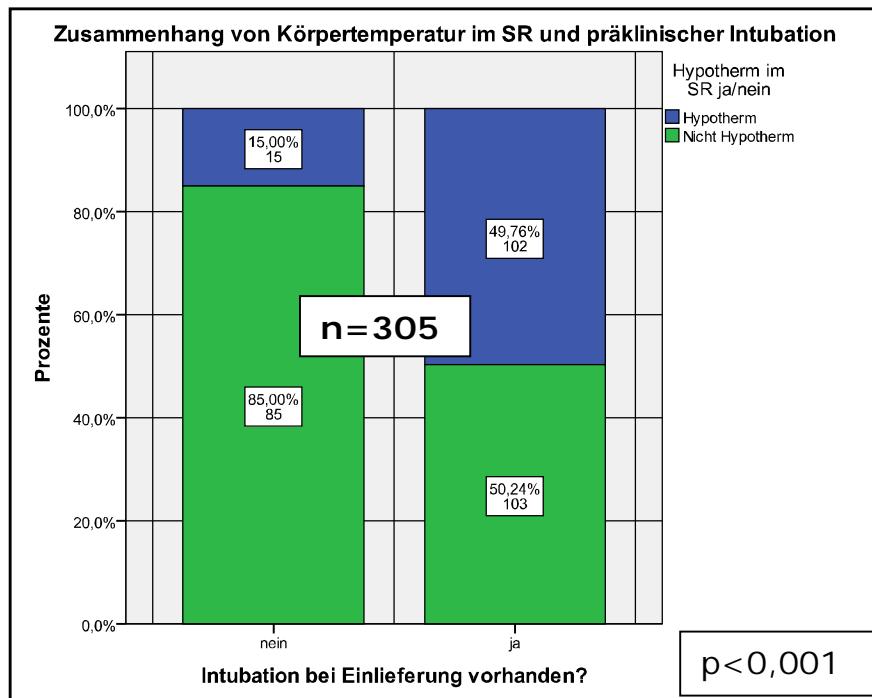


Abb. 53

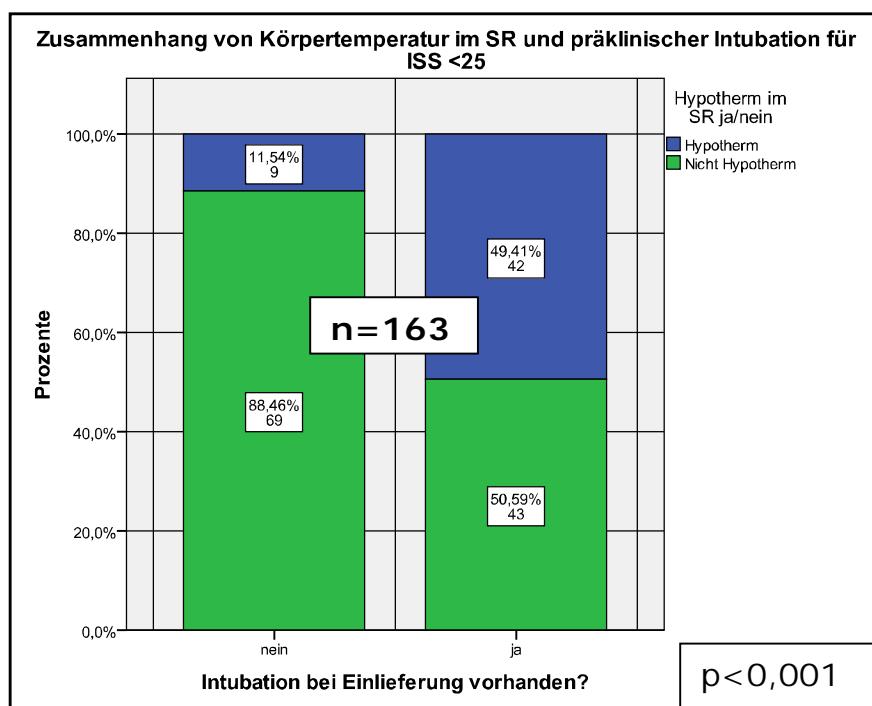


Abb. 54

## Ergebnisse

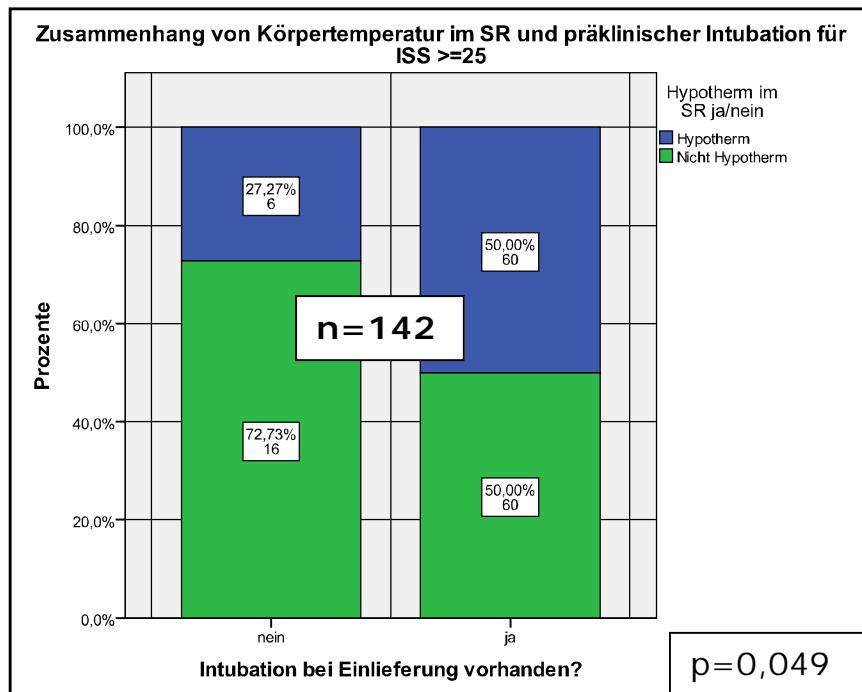


Abb. 55

### 4.1.2.1.17 Körpertemperatur im Schockraum und die Notaufnahmenwerte aus Labor und Blutgasanalyse

#### 4.1.2.1.17.1 Körpertemperatur im Schockraum und Hb-Wert

Initial unter neun mg/dl verminderte Hb-Werte sind mit 64,1% häufiger bei einer Hypothermie zu finden, als initial nicht verminderte Hb-Werte mit nur 34,5%. Der Zusammenhang zwischen Körpertemperatur im SR und Hb-Wert ist nach dem Mann-Whitney-Test signifikant, auch, wenn hier, wie auch in den folgenden Auswertungen, ein mittelbarer Zusammenhang angenommen werden muss ( $p=0,006$ ,  $U=9795$ ). Die Relation zwischen Hb-Wert  $\geq 9$  bzw.  $< 9$  und Körpertemperatur im SR ist mit  $p=0,001$  signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test. Vgl. Abb. 56. Sowohl in der Gruppe mit ISS  $< 25$  als auch in der Gruppe mit ISS  $\geq 25$  lässt sich dieser Zusammenhang nachweisen. Eine Signifikanz ergibt sich jedoch nur für die leichter Verletzten.

## Ergebnisse

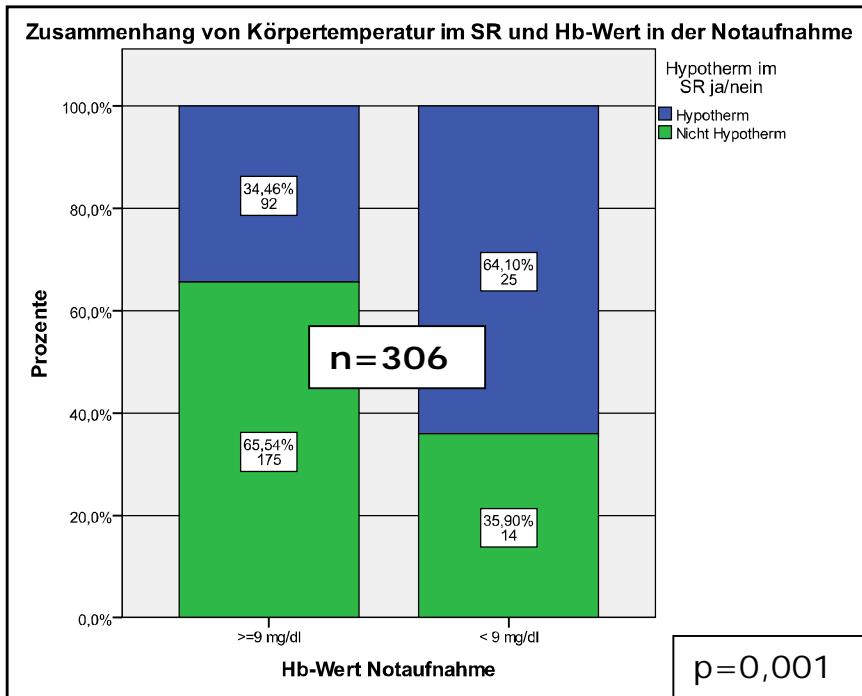


Abb.56

### 4.1.2.1.17.2 Base Excess (BE)

In diesem Fall besteht eine nach dem Mann-Whitney-Test signifikante Relation zwischen Körpertemperatur im Schockraum und BE ( $p<0,001$ ,  $U=5645$ ). Die in der Notaufnahme hypothermen Verunglückten haben einen deutlich größeren Anteil an negativen BE-Werten als die nicht Unterkühlten. Siehe Abb. 57. Auch die lässt sich in beiden ISS-Untergruppen bestätigen.

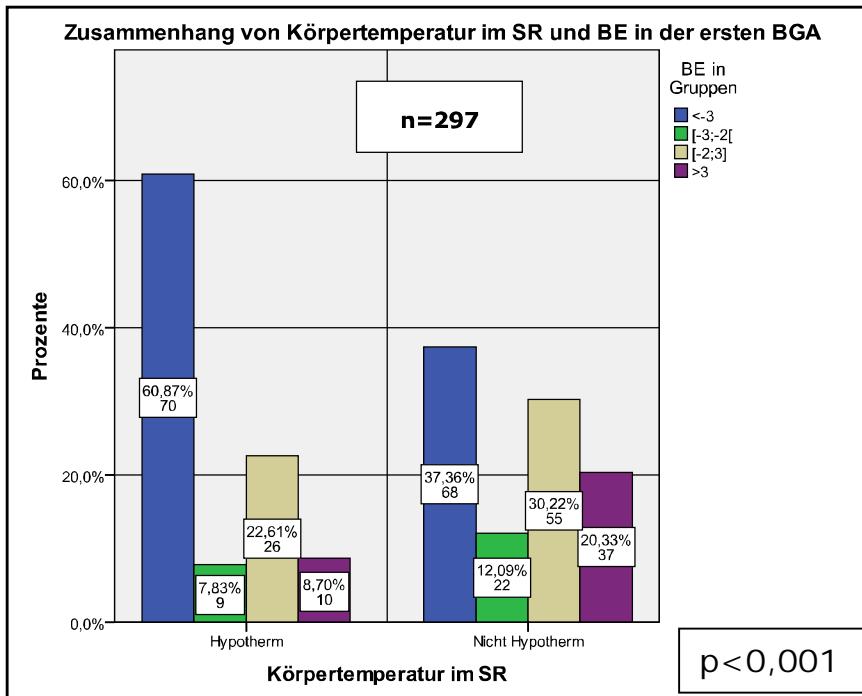


Abb. 57

#### 4.1.2.1.17.3 Laktatwert

Im Gegensatz zum BE lässt sich hier mit  $p=0,062$  bzw.  $U=6188,5$  nach dem Mann-Whitney-Test keine signifikante Korrelation zwischen Körpertemperatur im Schockraum und erstem Laktatwert ausmachen. Allerdings ist bei den Hypothermen der Anteil an Patienten mit erhöhtem Laktat größer als bei den nicht Unterkühlten. Die gilt sowohl für die leichter Verletzten als auch für die schwerer Verletzten. Siehe Abb. 58.

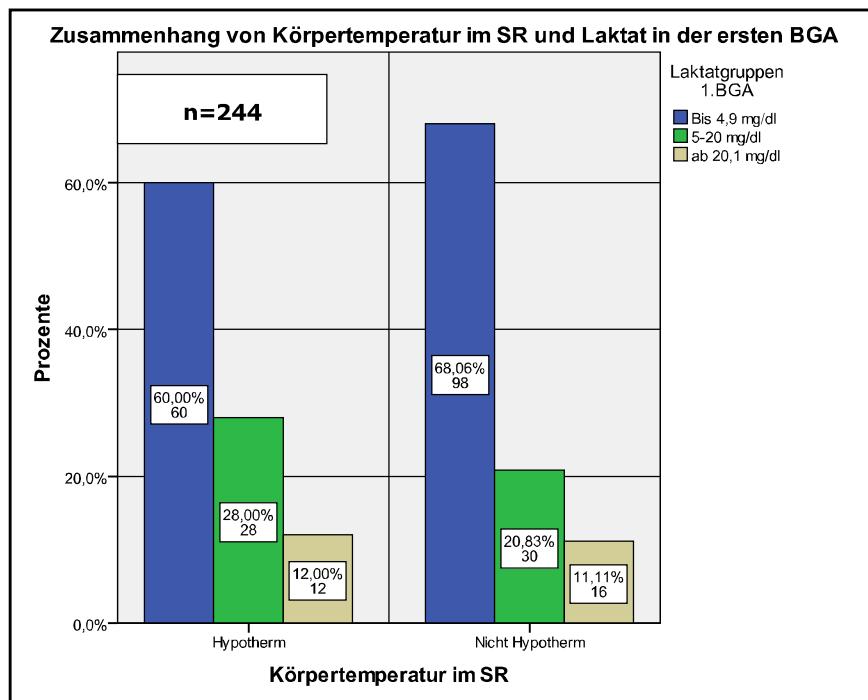


Abb. 58

## Ergebnisse

### 4.1.2.1.17.4 PH-Wert

Bei den initial hypothermen Patienten liegt der Anteil derer, mit saurerer Stoffwechsellage, mit 69,5% deutlich höher als bei Patienten, die nicht hypotherm ankamen, mit 58,1%. Dies ist nach dem Mann-Whitney-Test signifikant ( $p=0,004$ ,  $U=6848,5$ ). Siehe Abb. 59.

Bei den Schwerstverletzten, die hypotherm angekommen waren, betrug der Anteil mit erniedrigtem pH-Wert 75,4%. Bei den nicht hypothermen Patienten mit ISS  $\geq 25$  60,9%. Dies ist nach dem Mann-Whitney-Test mit  $p=0,011$  bzw.  $U=1644,5$  signifikant. Siehe Abb. 60.

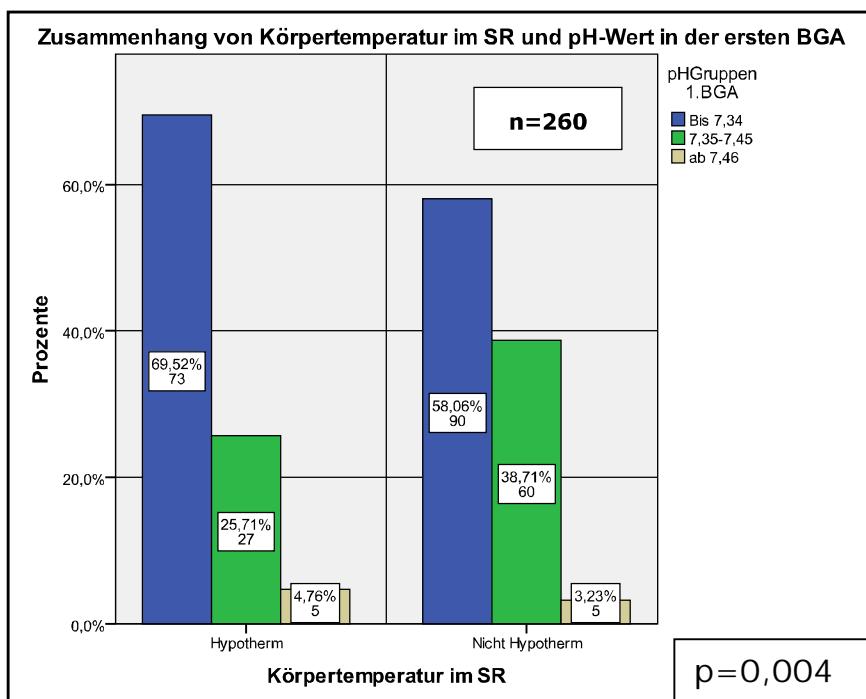


Abb. 59

## Ergebnisse

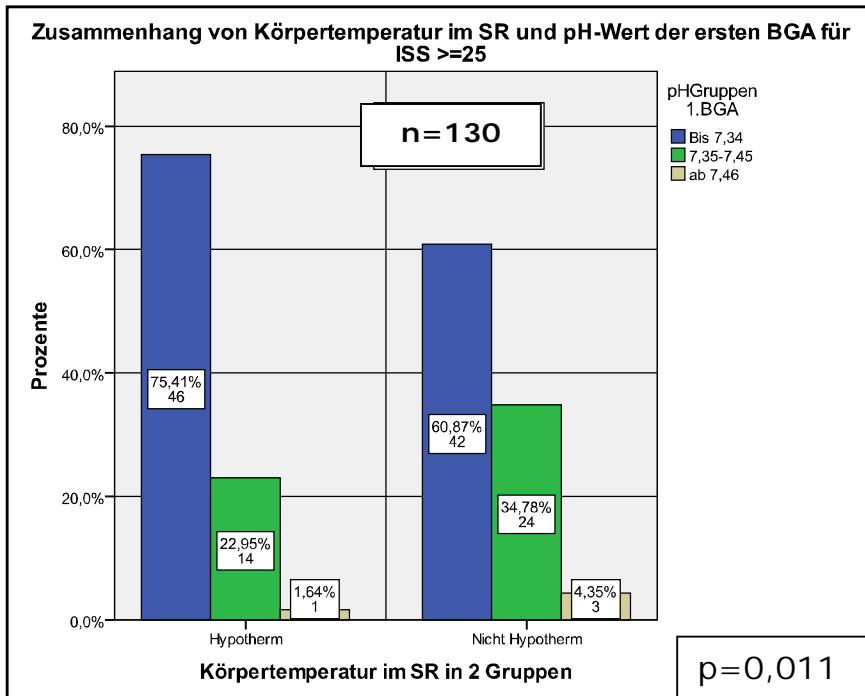


Abb. 60

### 4.1.2.1.17.5 Quick-Wert

Der Zusammenhang zwischen Quickwert und Körpertemperatur im Schockraum korreliert nach dem Mann-Whitney-Test stark signifikant ( $p<0,001$ ,  $U=7387$ ). Bei den Patienten mit erniedrigter Körpertemperatur sind mit 25,9% deutlich mehr Quickwerte unter 50% erniedrigt als bei den nicht Unterkühlten mit 11,3%. Auch die lässt sich für beide Verletzungsschweregruppen bestätigen. Siehe Abb. 61.

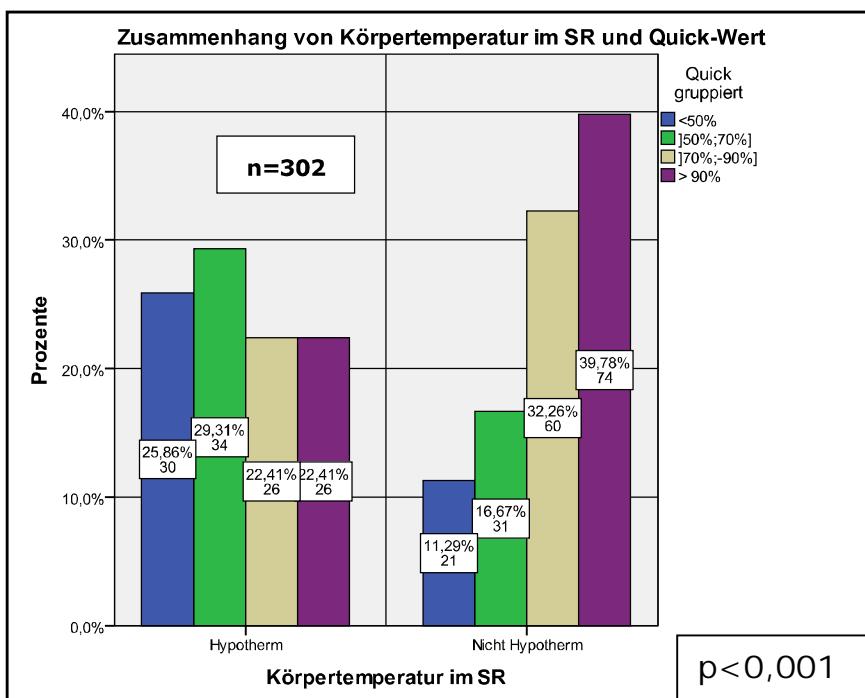


Abb. 61

#### 4.1.2.1.17.6 Partielle Thromboplastin Zeit (PTT)

Es fällt auf, dass bei hypothermen Verunglückten häufiger eine verlängerte PTT festgestellt wurde als bei nicht Unterkühlten. Hierbei liegt nach dem Mann-Whitney-Test eine deutliche Signifikanz vor ( $p<0,001$ ,  $U=7055$ ). Siehe Abb. 62. Die lässt sich auch in der getrennten Analyse der beiden Verletzungsschweregruppen nachweisen.

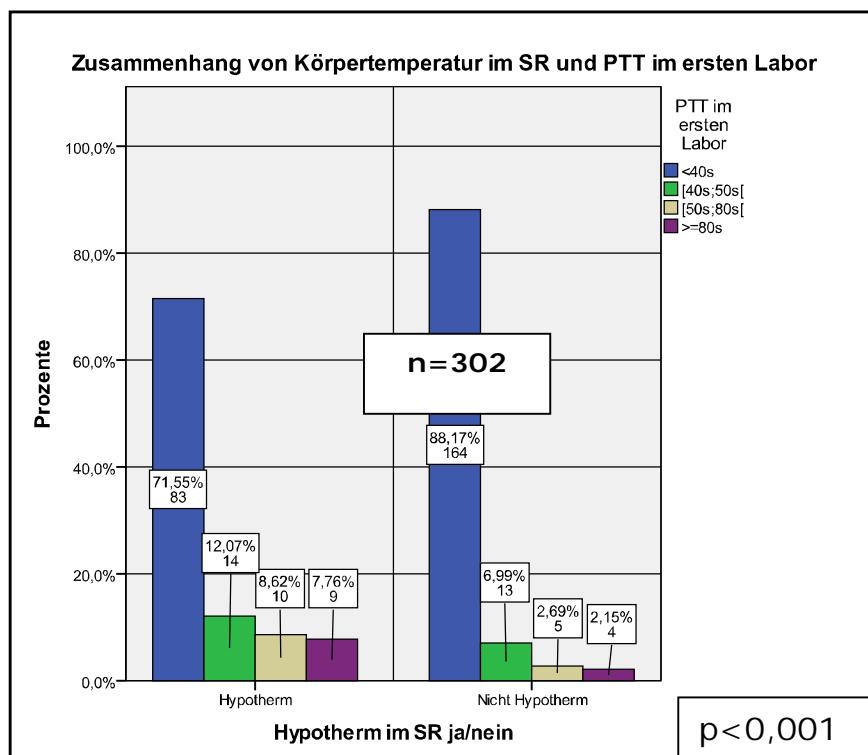


Abb. 62

#### 4.1.3 Zusammenhang zwischen Hypothermie bei Einlieferung und Schockraumvariablen

In diesem Kapitel werden die Folgen einer Temperatur unter 36°C bei Einlieferung für die unmittelbare Weiterbehandlung in der Notaufnahme analysiert und graphisch dargestellt.

##### 4.1.3.1 Volumengabe in der Notaufnahme und Körpertemperatur im Schockraum

Zwischen der Volumengabe im Schockraum und den Körpertemperaturgruppen besteht ein hochsignifikanter Zusammenhang nach dem Mann-Whitney-Test ( $p<0,001$ ,  $U=7814,5$ ). Hypotherme bekommen wesentlich mehr Flüssigkeit verabreicht als nicht Hypotherme. Unterkühlte erhalten im Mittel 2076 ml bzw. im Median 1700 ml, nicht Unterkühlte im Mittel 1342 ml bzw. im Median 900ml. Auch dabei erhielten in beiden Verletzungsschweregruppen die Unterkühlten deutlich mehr Flüssigkeit als die nicht Unterkühlten. Siehe Abb.63.

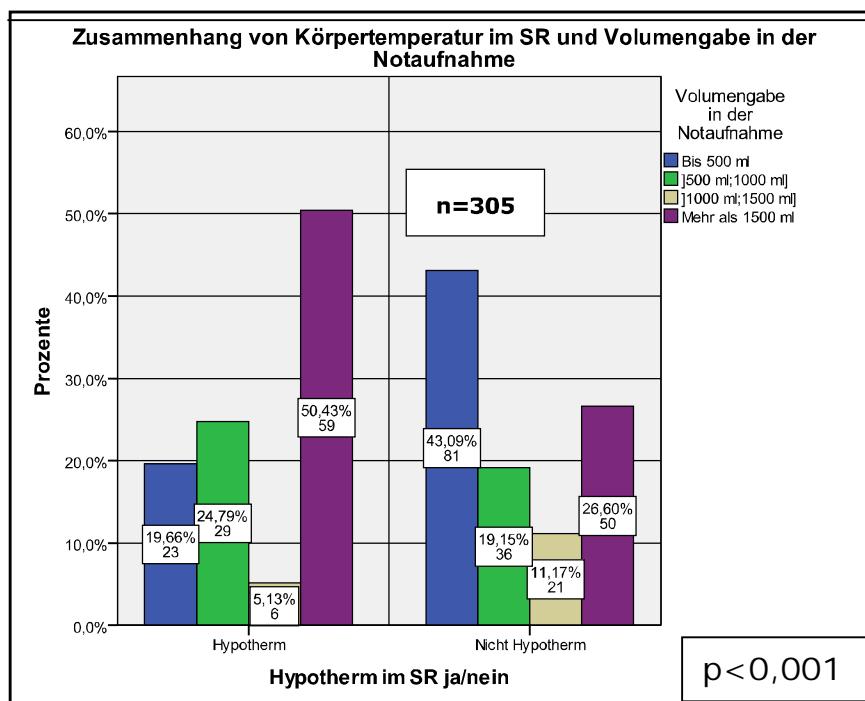


Abb. 63

#### 4.1.3.2 EK-Transfusion, ISS und Körpertemperatur im Schockraum

Anhand folgender Abbildung 64 lässt sich eine ausgeprägte Korrelation zwischen EK-Transfusionen im Schockraum und der Körpertemperatur nachvollziehen. Diese ist nach dem Mann-Whitney-Test hochsignifikant ( $p<0,001$ ,  $U=8954$ ).

In beiden ISS-Gruppen, v.a. aber bei den Schwerstverletzten, sind unter den Hypothermen mehr Transfusionspflichtige als unter den nicht Hypothermen. Es liegt auch hier eine Signifikanz nach dem Mann-Whitney-Test vor ( $p=0,019$ ,  $U=2053$ ).

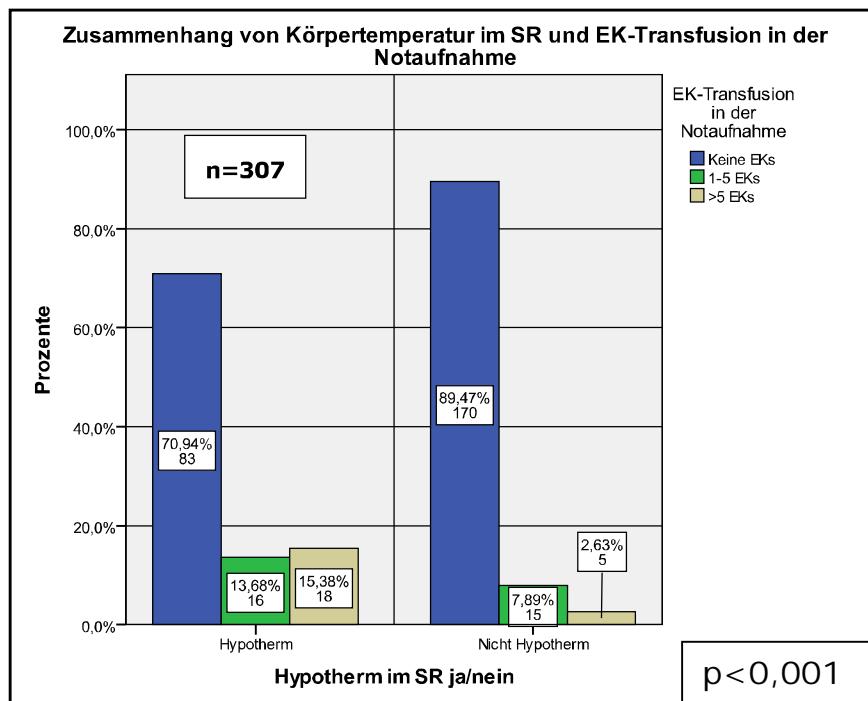


Abb. 64

## Ergebnisse

### 4.1.3.3 FFP-Gabe in der Notaufnahme, ISS und Körpertemperatur im Schockraum

Es lässt sich ausmachen, dass Hypotherme häufiger in der Notaufnahme FFPs verabreicht bekamen, als anfänglich Normotherme. Nach dem Mann-Whitney-Test liegt eine Signifikanz vor ( $p<0,001$ ,  $U=9465,5$ ). Auch dies lässt sich bestätigen, wenn man beide Verletzungsschweregruppen getrennt betrachtet. Siehe Abb. 65.

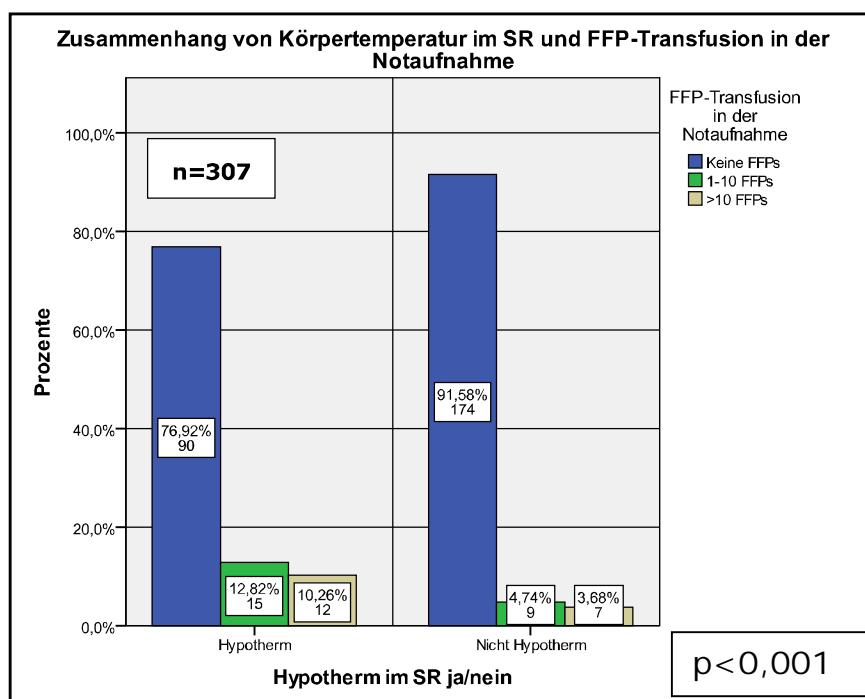


Abb.65

#### 4.1.3.4 Hämostasetherapie in der Notaufnahme, ISS und Körpertemperatur im Schockraum

In den nachfolgenden Graphiken lässt sich erkennen, dass Hypotherme nach dem Mann-Whitney-Test signifikant häufiger in der Notaufnahme eine Hämostasetherapie erhielten, als nicht Hypotherme ( $p=0,006$ ,  $U=9795$ ). Auch dies lässt sich in der getrennten Analyse der beiden Verletzungsschweregruppe bestätigen, jedoch wurde in der Gruppe mit  $\text{ISS} < 25$  nur bei 6 Patienten eine Hämostasetherapie verabreicht, weshalb es durch diese kleine Fallzahl bedingt hier zu keiner Signifikanz kommt. Siehe Abb. 66

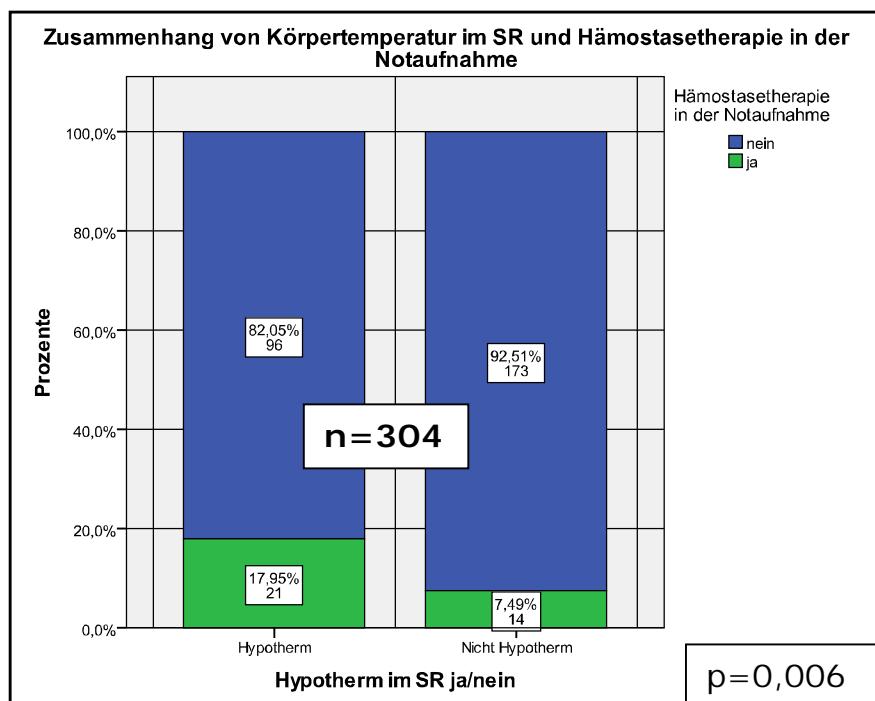


Abb. 66

#### **4.1.4 Folgen der Hypothermie in der Notaufnahme für den weiteren Verlauf**

In diesem Kapitel sollen eventuelle Folgen, die eine Hypothermie in der Notaufnahme auf den weiteren Krankheitsverlauf und das Outcome der Betroffenen hat, untersucht und graphisch aufbereitet werden.

##### **4.1.4.1 Körpertemperatur im stationären Verlauf, abhängig von Geschlecht, ISS und Art der Weiterbehandlung**

###### **4.1.4.1.1 Körpertemperatur bei Eintreffen auf der Intensivstation**

Auf Intensivstation kamen 32,0% aller Patienten, also 94 Verletzte, nämlich 56 Männer und 38 Frauen, mit einer Körpertemperatur von weniger als 36°C an. 58,5% hatten eine normale Körpertemperatur, während 9,5% eine erhöhte Temperatur zeigten. 10 Patienten wiesen eine Körpertemperatur unter 34°C auf. Davon waren 4 weiblich. Es wurden Werte von 30,5°C bis 38,8°C gemessen. Siehe Abb. 67 und 68.

Auf Intensivstation kamen von den anfänglich Unterkühlten abhängig von der Verletzungsschwere noch 48,8% bzw. 59,3% mit einer zu niedrigen Körpertemperatur an. Der Zusammenhang von Körpertemperatur im SR und auf ICU ist mit  $p<0,001$  signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test.

Bei Ankunft auf Intensivstation erreichten allerdings auch 28 Patienten, 18,2%, die anfangs keine reduzierte Körpertemperatur hatten, einen Wert unter 36,0°C. Siehe Abb. 69.

Betrachtet man dabei die Verletzungsschwere, so stellt man fest, dass unter denjenigen, die erst im Krankenhaus hypotherm werden, vermehrt weniger schwer Betroffene sind. So kühlen 20%, also 17 Patienten, derer, die einen ISS <25 haben und mit normaler Körpertemperatur in den Schockraum gekommen waren, aus, während es bei den Schwerstbetroffenen 15,9%, also 11 Verletzte, waren. Weiterhin konnten bei den Schwerstverletzten, die hypotherm im Schockraum ankamen, 40,7%, also bei 24 Patienten, mit einer Körpertemperatur von  $\geq 36^\circ\text{C}$  auf die Intensivstation verlegt werden. In der Gruppe mit ISS <25 gelingt dies zu 51,2%, also bei 22 Personen. Alles in allem liegt auch für die Untergruppen ISS<25 ( $p=0,001$ ) sowie ISS $\geq 25$  ( $p<0,001$ ) eine Signifikanz für die Relation von Körpertemperatur im SR und auf ICU nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson vor. Vgl. Abb. 70 und 71.

## Ergebnisse

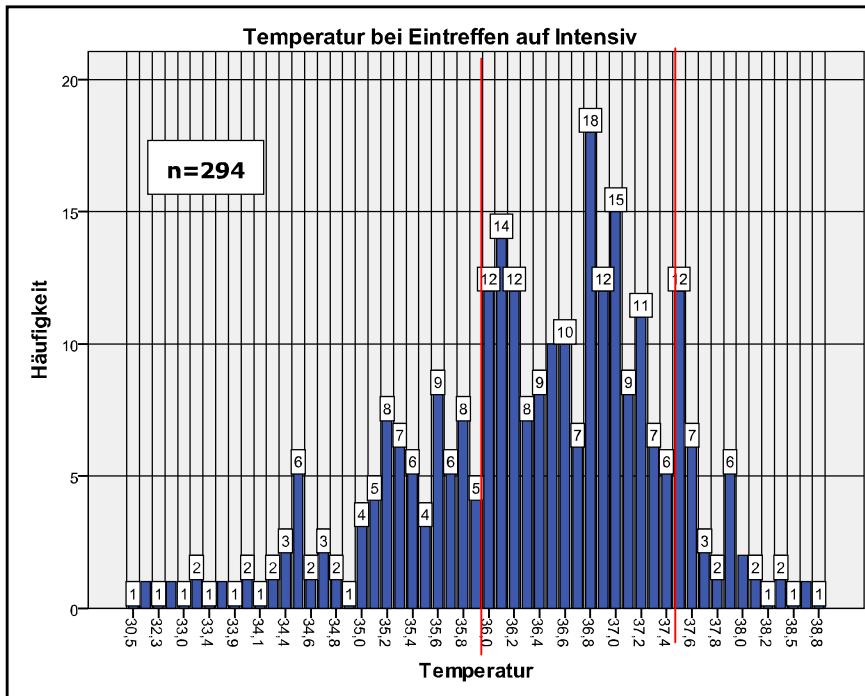


Abb. 67

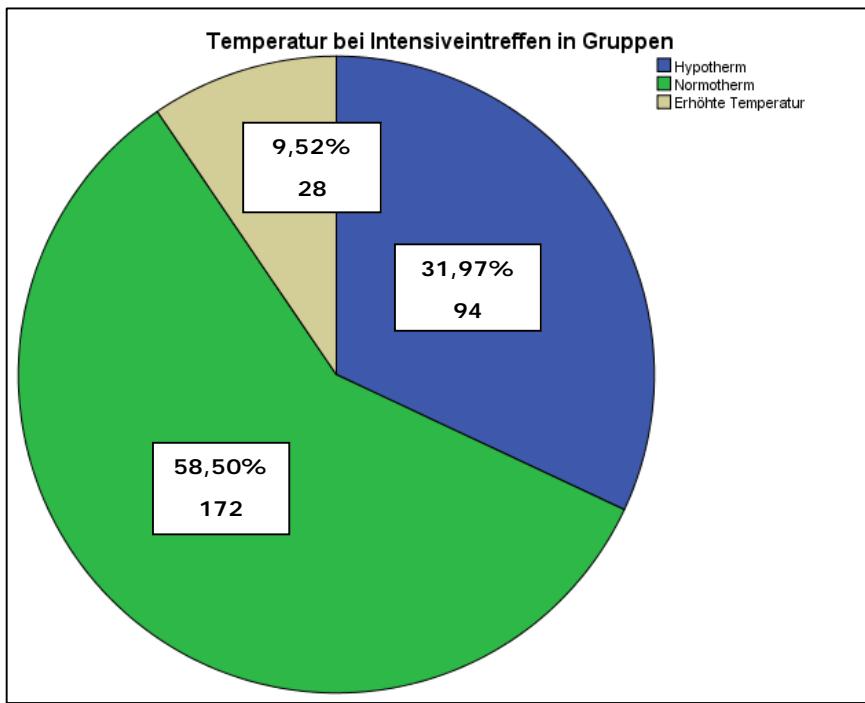


Abb. 68

## Ergebnisse

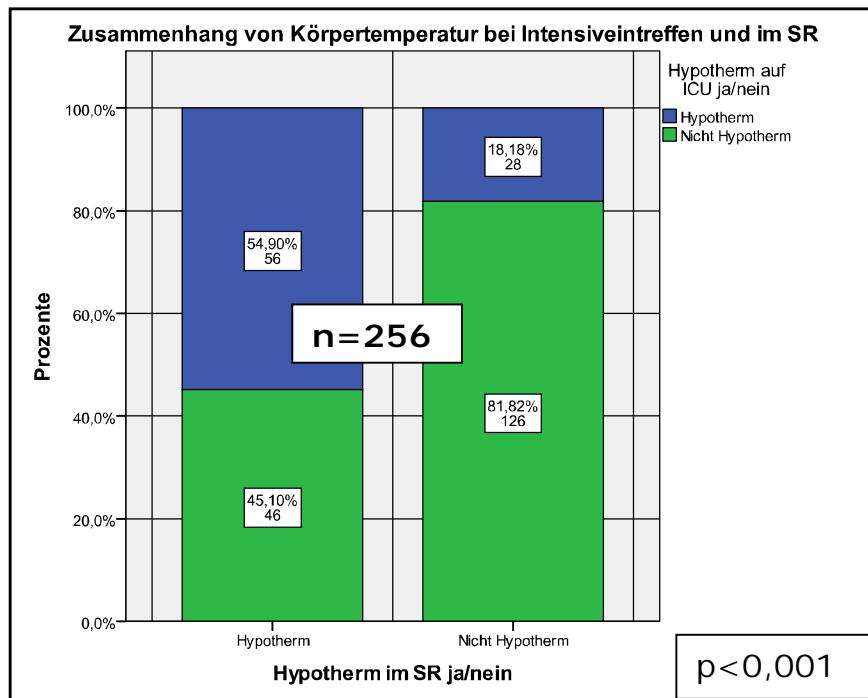


Abb. 69

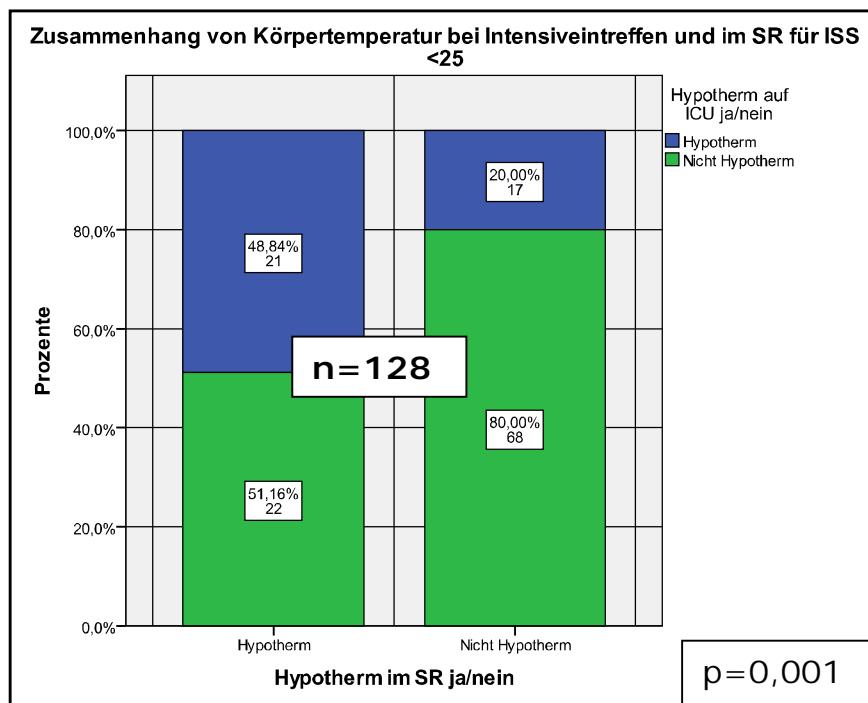


Abb. 70

## Ergebnisse

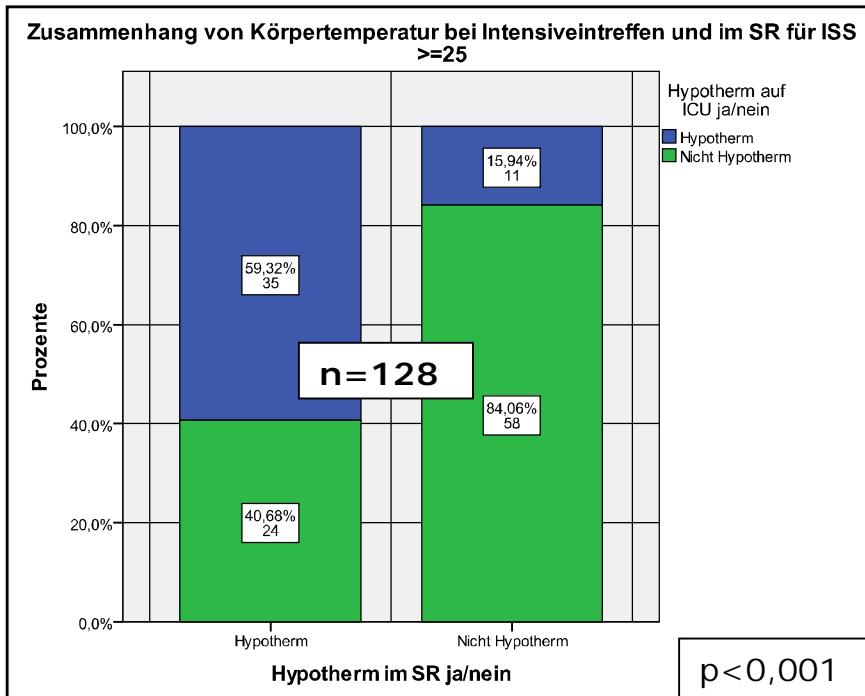


Abb. 71

### 4.1.4.1.2 Zusammenhang von Art der Weiterbehandlung Körpertemperatur, ISS und Geschlecht

Von den 102 Verunfallten, welche im Schockraum hypotherm waren, mussten 50,5% zuerst operiert werden, von den nicht Hypothermen nur 35,8%. Dieser Zusammenhang ist signifikant mit  $p=0,008$  nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson. Vgl. Abb. 72.

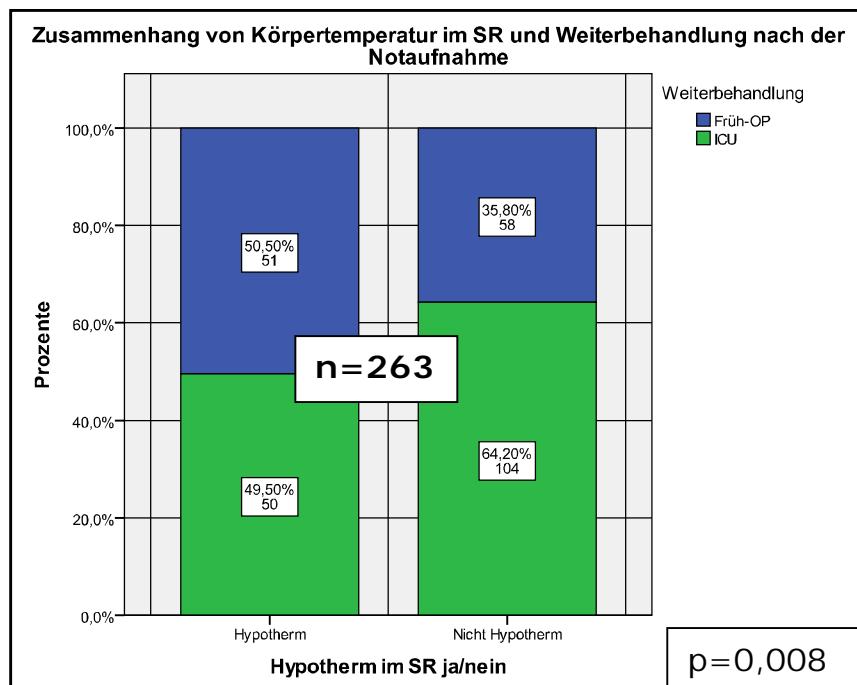


Abb. 72

## Ergebnisse

Ebenfalls lässt sich ein deutlicher Unterschied zwischen Männern und Frauen feststellen. Unter den 102 Verletzten, die im SR hypotherm waren, befanden sich 67 Männer und 35 Frauen. Dieser Unterschied ist jedoch, wie oben beschrieben, nicht signifikant. Damit wiesen 37% der Männer und 41,2% der Frauen in der Notaufnahme eine Körpertemperatur unter 36°C auf. Auf ICU dagegen wurde bei 27,2% der Männer, also 56 Verletzten, aber bei 43,2% der Frauen, also 38 Patientinnen, eine Temperatur von weniger als 36°C gemessen. Damit nimmt, verglichen mit dem SR, der Anteil der hypothermen Männer ab, während er bei Frauen zunimmt. Der Zusammenhang von Körpertemperatur bei Eintreffen auf ICU und Geschlecht ist mit  $p=0,007$  signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson. Siehe Abb. 73.

Besonders deutlich wird dieser Unterschied, wenn man nach Geschlecht und Verletzungsschwere unterteilt. Bei den Männern findet sich unabhängig von der Verletzungsschwere auch hier ein relativ konstant um ca. 27% liegender Anteil an Hypothermen. Bei den Frauen dagegen liegt dieser Anteil in der Gruppe der weniger stark Verletzten bei 29,8%, aber bei den Schwerstbetroffenen bei 58,5%. Für die Relation von Körpertemperatur bei Intensiveintreffen und Geschlecht ergibt sich nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson für ISS <25 keine Signifikanz, für ISS  $\geq 25$  mit  $p<0,001$  jedoch eine hochsignifikante Relation. Somit kühlen schwerstverletzte Frauen hochsignifikant häufiger aus. Vgl. Abb. 74 und 75.

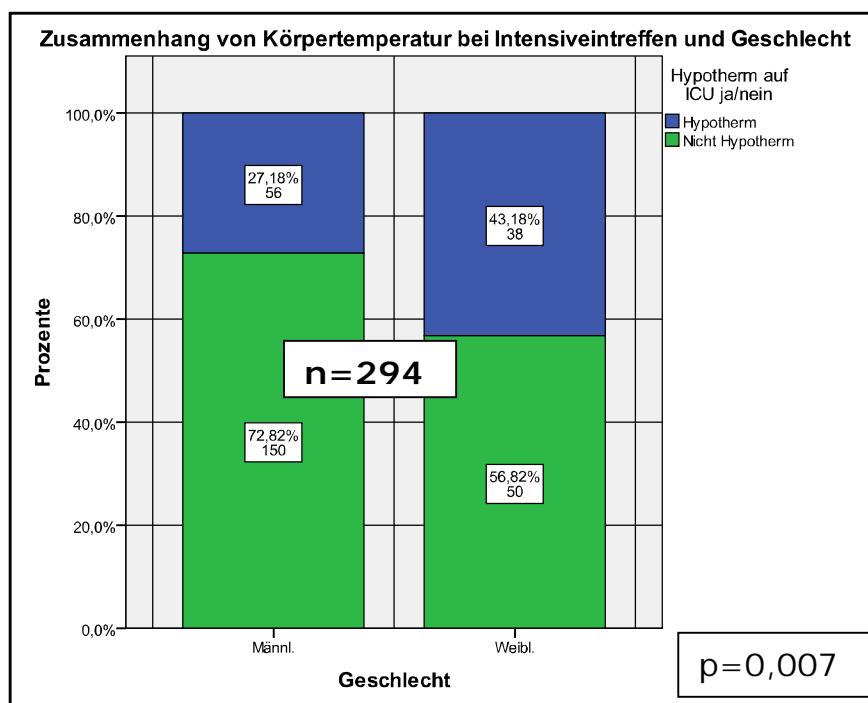


Abb. 73

## Ergebnisse

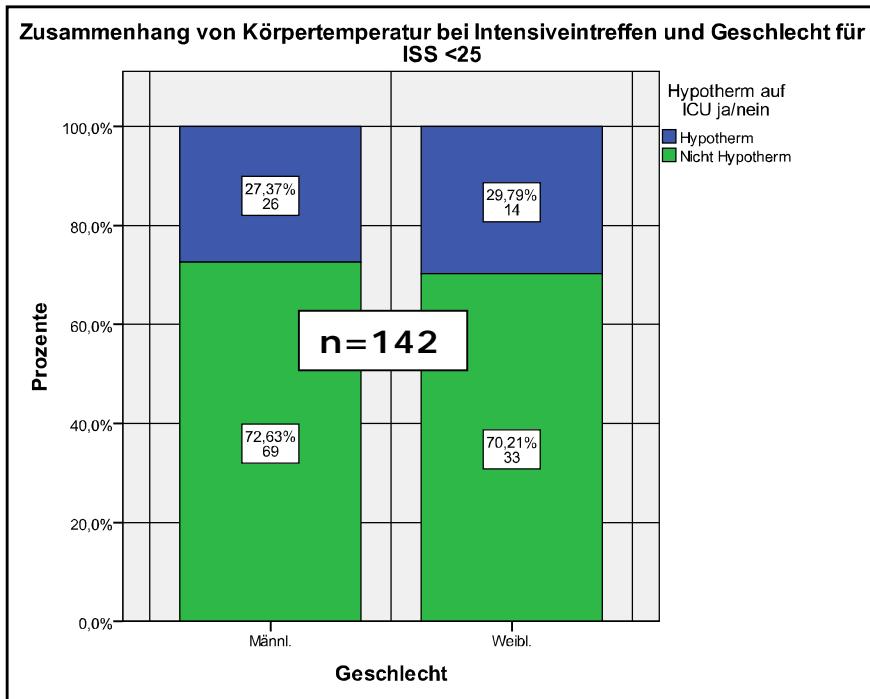


Abb. 74

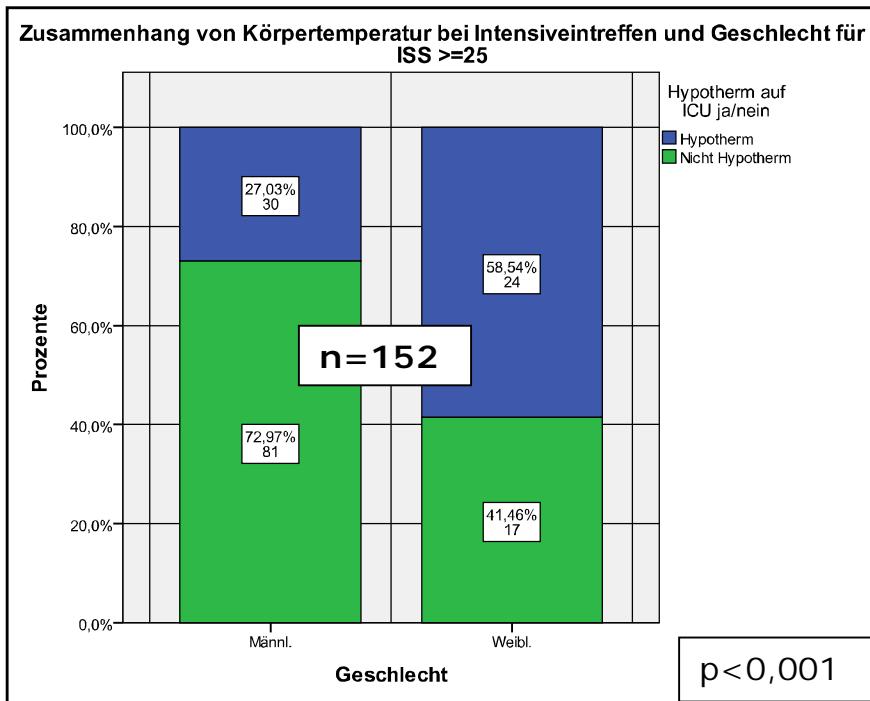


Abb. 75

## Ergebnisse

### 4.1.4.1.3 Art der Weiterbehandlung, Körpertemperatur auf ICU, ISS und Geschlecht für anfänglich Hypotherme bzw. nicht Hypotherme

#### 4.1.4.1.3.1 Im SR Hypotherme

Betrachtet man nur anfangs Hypotherme, so stellt man fest, dass unter den Frauen noch 57,1%, also 20 und unter den Männern noch 53,8%, nämlich 36, mit einer Temperatur unter 36°C auf ICU ankommen. Damit besteht in diesem Fall für beide Geschlechter kein signifikanter Unterschied nach dem Chi-Quadrat-Test. Die Temperaturen lagen zwischen 30,5°C und 35,9°C. Bei den Frauen und den Männern lag der Mittelwert jeweils bei 34,7°C, der Median der Frauen bei 35,4°C, der Median der Männer bei 35,8°C. Vgl. Abb. 76.

Betrachtet man aber jetzt nur die anfangs Hypothermen mit ISS  $\geq 25$ , so findet man bei den Frauen noch 68,4%, also 13, mit zu niedriger Körpertemperatur bei Eintreffen auf ICU, während man bei den Männern nur noch 55,0%, also 20, feststellt. Dies ist aber mit  $p=0,327$  nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson ebenfalls nicht signifikant. Für die Körpertemperatur im Schockraum ergibt sich bei den Frauen ein Median von 35°C sowie einen Mittelwert von 34,4°C. Für die Männer liegt der Median ebenfalls bei 35°C, allerdings der Mittelwert bei 34,9°C. Siehe Abb. 77.

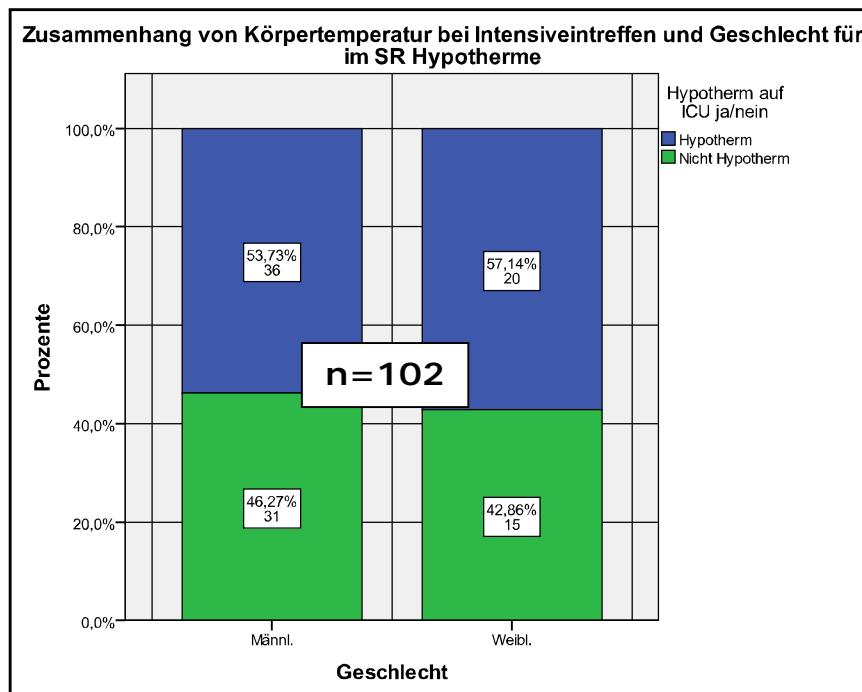


Abb. 76

## Ergebnisse

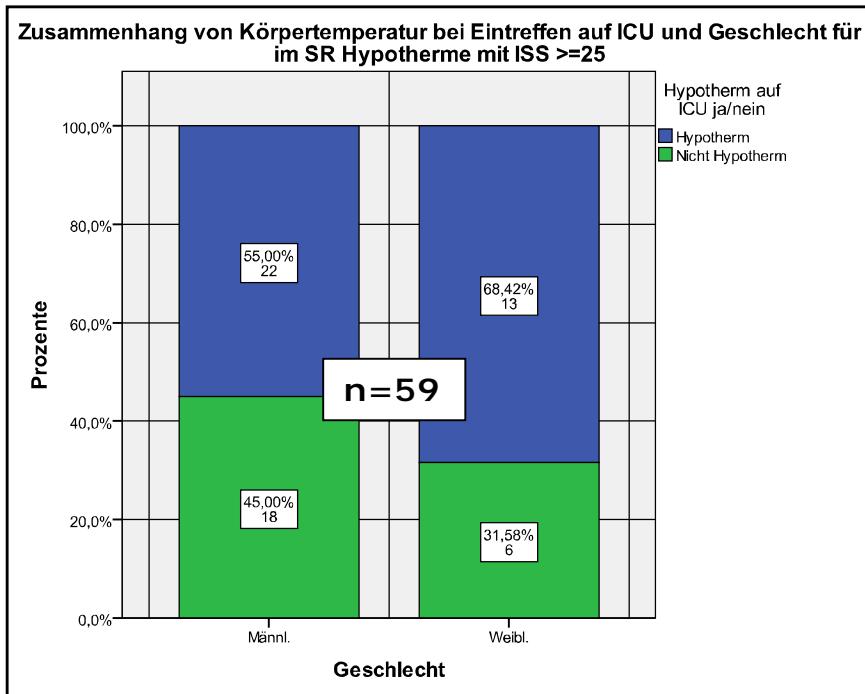


Abb. 77

### 4.1.4.1.3.2 Im SR nicht Hypotherme

Unter den anfangs nicht Hypothermen, die aber Hypotherm auf ICU ankamen waren 13,0% Männer, also 14, und 30,4% Frauen, also 14. Von diesen 14 wurden jeweils genau sieben früh operiert und die sieben direkt auf ICU verlegt. Die Relation zwischen Geschlecht und Körpertemperatur bei Eintreffen auf ICU für anfangs nicht Hypotherme ist mit  $p=0,010$  signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test. Dabei lagen die Temperaturen Bei Ankunft auf ICU zwischen 34,3°C und 35,8°C, der Mittelwert unterschied sich zwischen beiden Geschlechtern fast nicht. Vgl. Abb. 78.

## Ergebnisse

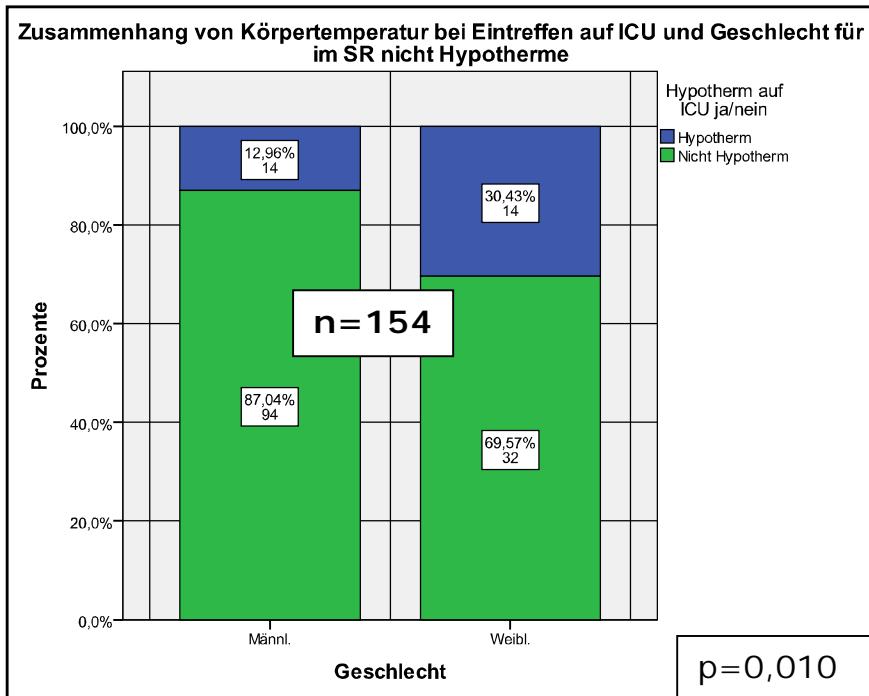


Abb. 78

### 4.1.4.1.3.3 Art der Weiterbehandlung und Körpertemperatur auf ICU für Hypotherme und nicht Hypotherme

Abhängig von der Art der anfänglichen Weiterbehandlung lässt sich insgesamt keine wesentliche bzw. signifikante Differenz zwischen Patienten feststellen, die gleich auf Intensiv verlegt wurden und zu 31,4% unterkühlt waren, sowie solchen, die zunächst in den OP kamen und zu 33,3% hypotherm auf ICU ankamen. Vgl. Abb. 79.

Unterteilt man auch hier wieder nach Verletzungsschwere, so stellt man fest, dass die Leichterverletzten mit 34,0% bzw. 26,1% vermehrt postoperativ hypotherm waren, während die Schwerstbetroffenen mit 38,2% bzw. 32,8% besonders nach einer Direktverlegung auf die ICU unterkühlt ankamen. In beiden Gruppen liegt keine Signifikanz nach Chi-Quadrat vor. Vgl. Abb. 80 und 81.

## Ergebnisse

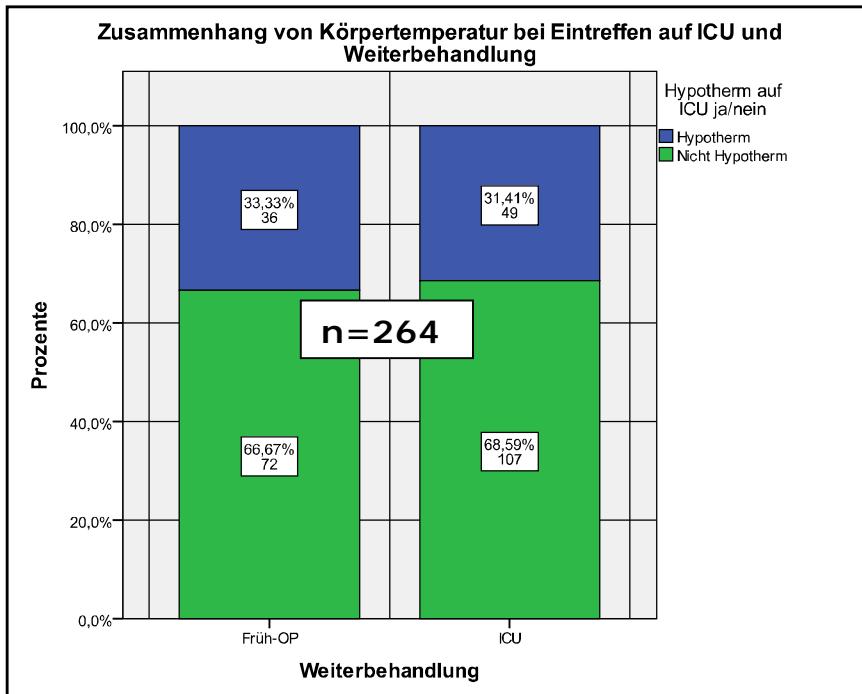


Abb. 79

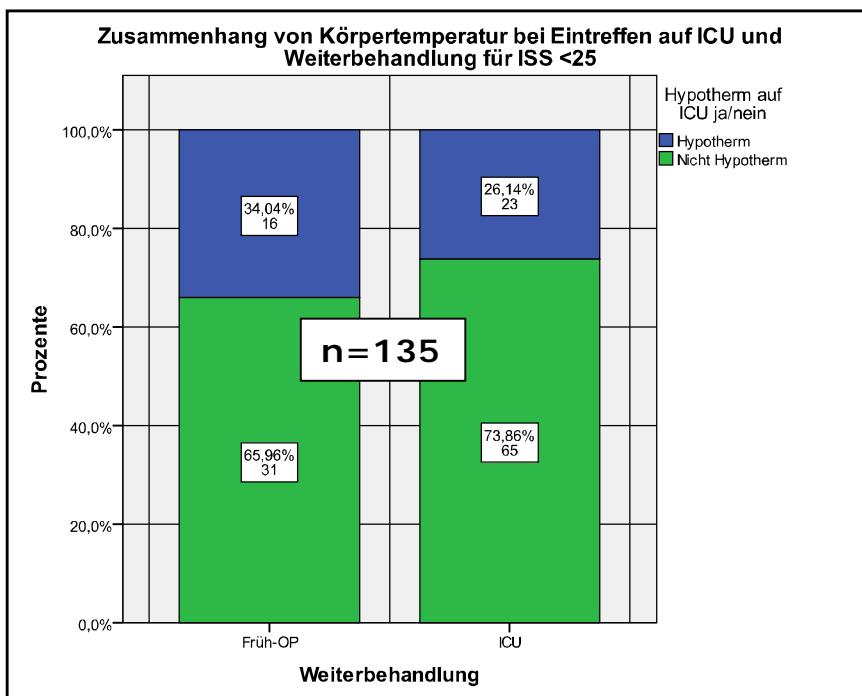


Abb. 80

## Ergebnisse

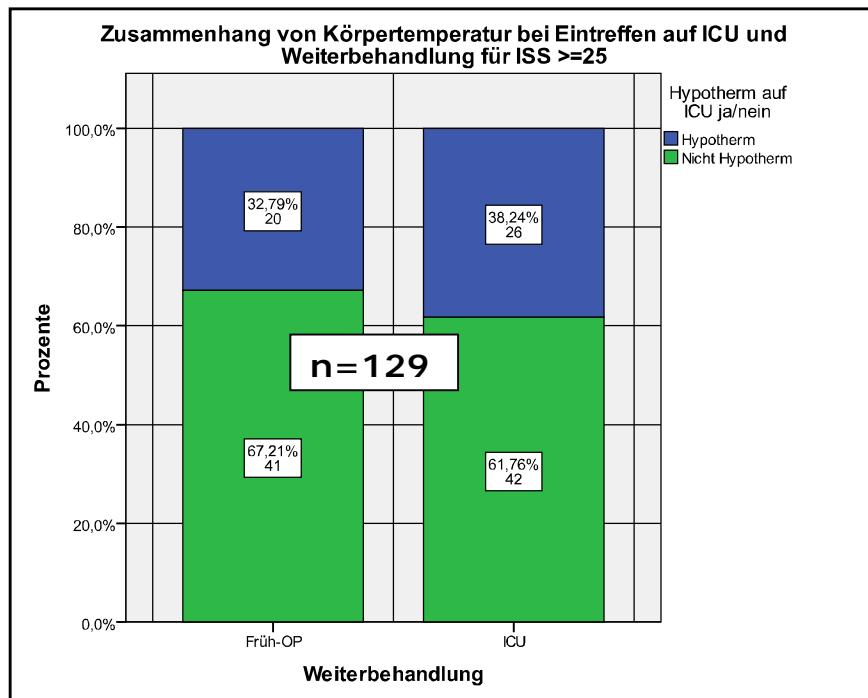


Abb. 81

### 4.1.4.1.4 Art der Weiterbehandlung und Körpertemperatur auf ICU in Abhängigkeit vom Geschlecht

Untersucht man den Bezug von Art der anfänglichen Weiterbehandlung und Temperatur bei Ankunft auf Intensiv für Männer und Frauen getrennt, so stellt man fest, dass Männer, unabhängig von der Behandlung, zu ca. 27% unterkühlt sind, während Frauen häufiger hypotherm sind, wenn sie zuvor operiert wurden. So finden sich bei den direkt auf Intensiv Verlegten 39,2% sowie bei den Operierten 48,3% mit einer Körpertemperatur unter 36°C. Sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen liegt keine Signifikanz nach Chi-Quadrat vor. Siehe Abb. 82 und 83.

## Ergebnisse

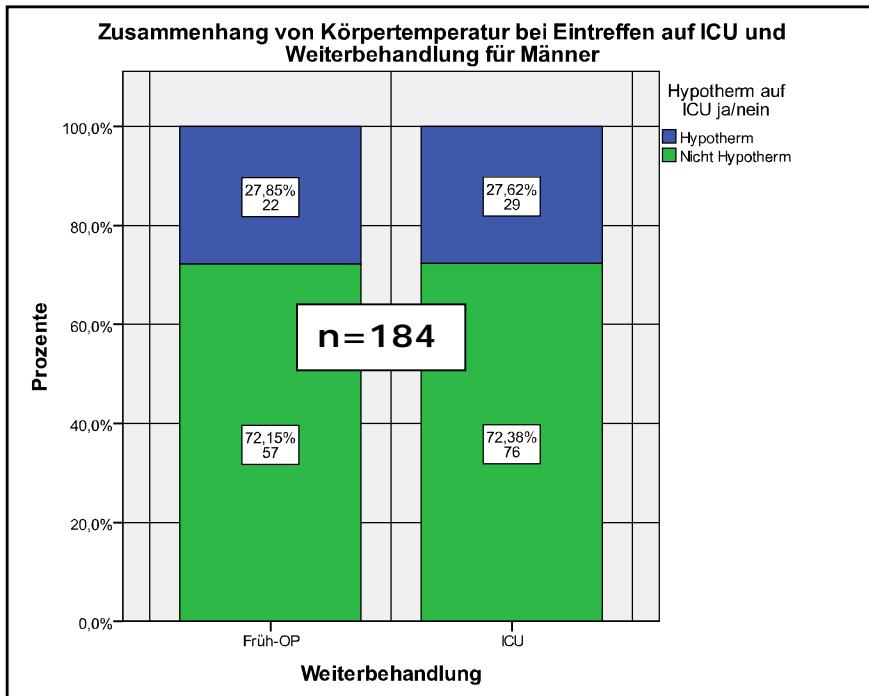


Abb. 82

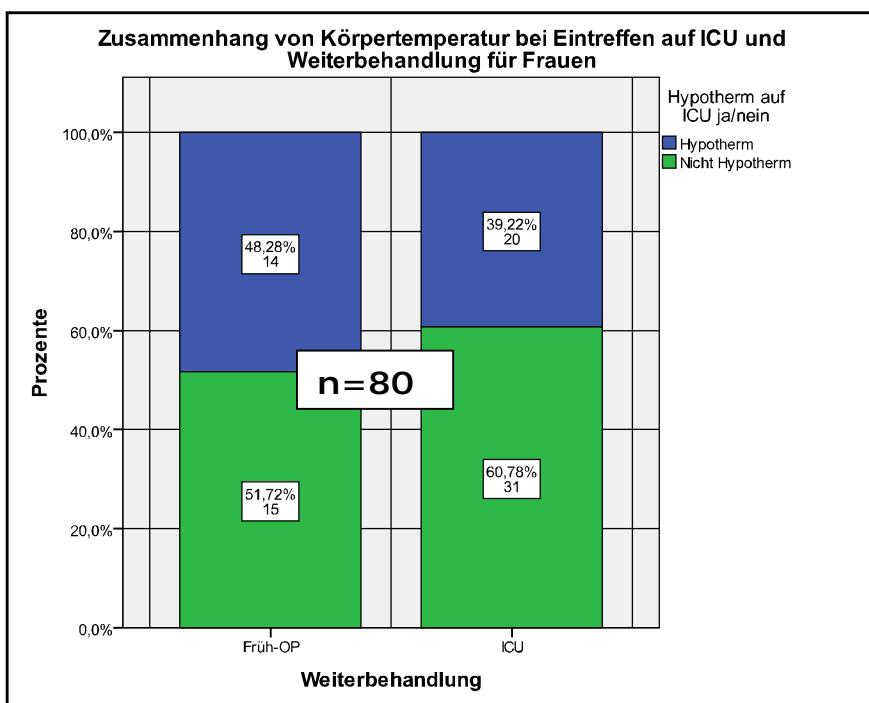


Abb. 83

Weiterhin unterteilt man die Frauen, abhängig von der Verletzungsschwere, in 2 Gruppen und untersucht die Temperatur bei Eintreffen auf ICU in Zusammenhang mit der Weiterversorgung nach dem SR. Bei den Leichterverletzten kamen 41,2% der Operierten, also 7, hypotherm aus dem OP, sowie 25%, nämlich auch 7, unterkühlt direkt aus dem SR auf ICU. Bei den Schwererbetroffenen kamen 58,3% bzw. ebenfalls 7 Patientinnen unterkühlt aus dem OP

## Ergebnisse

sowie 56,5%, nämlich 13 Personen, hypotherm direkt aus dem SR auf ICU. Hier liegt keine Signifikanz nach Chi-Quadrat vor. Vgl. Abb. 84 und 85.

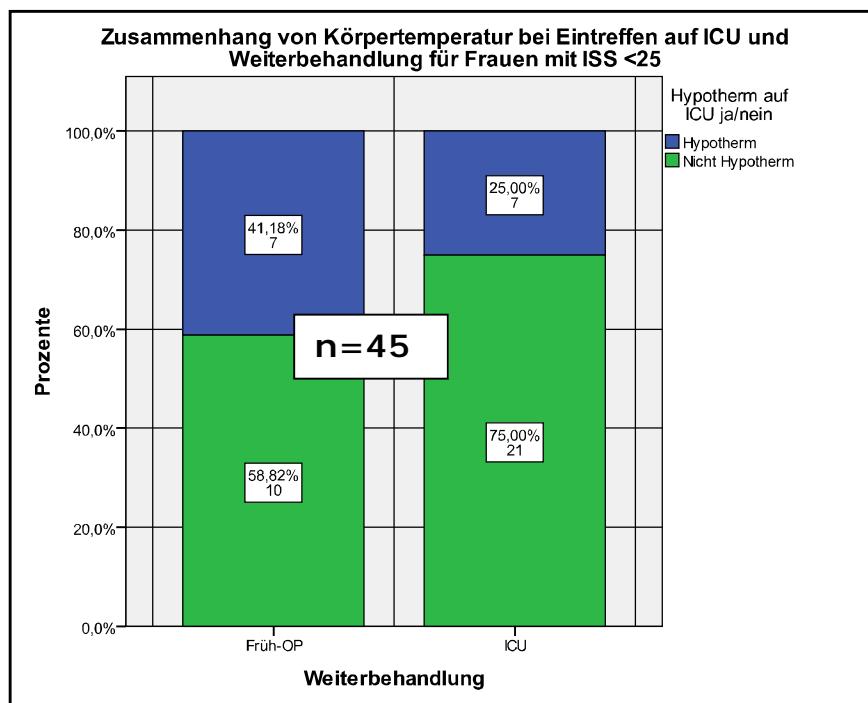


Abb. 84

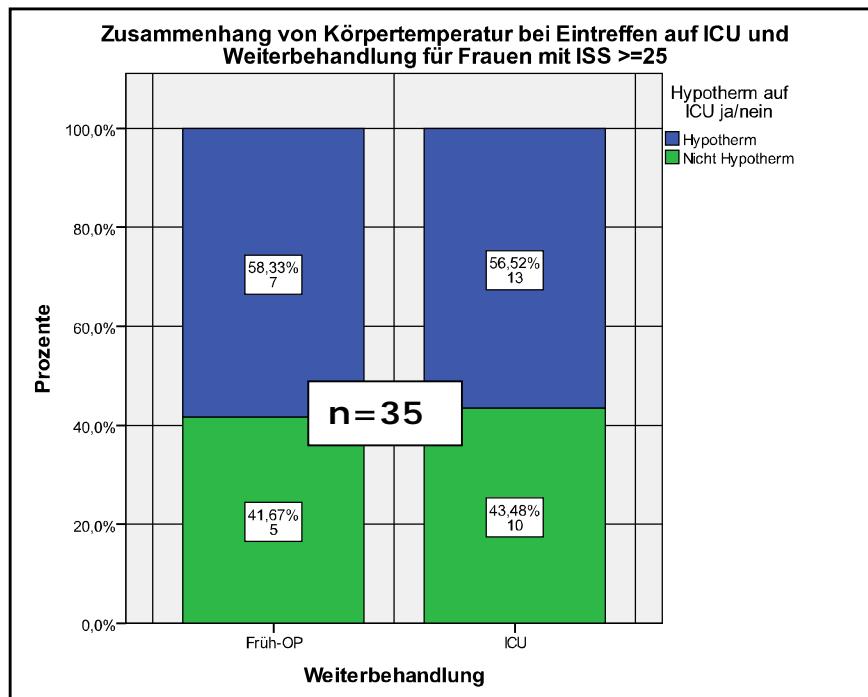


Abb. 85

## Ergebnisse

### 4.1.4.1.4.1 Im SR Hypotherme nach Verlegung auf ICU in Abhängigkeit von der Weiterbehandlung, vom ISS und vom Geschlecht

Untersucht man nun nur im SR Hypotherme nach Verlegung auf Intensiv, so stellt man fest, dass insgesamt 50%, also je 47 Patienten, vor Verlegung auf ICU operiert wurden, während 50% direkt auf ICU gebracht wurden. Auch der Anteil von zunächst operierten Männern und Frauen liegt dabei je um ca. 50%. Es konnte aber nicht bei allen die Temperatur auf ICU gemessen werden. Betrachtet man dann deren Temperatur bei Eintreffen auf Intensiv, so findet man unter den Frühoperierten 36,2% Unterkühlte, also 17 Patienten, 11 Männer und 6 Frauen, und unter den Direktverlegten 72,3% Hypotherme, nämlich 34, 22 Männer und 12 Frauen. Somit wurde je 1/3 der Männer und 1/3 der Frauen mit vorliegenden Daten zur Temperatur zunächst operiert. Es ergibt sich folglich kein Geschlechtsunterschied nach Chi-Quadrat. Siehe Abb. 86 und Tabelle 24.

Weiterverlegung \* Geschlecht Kreuztabelle für im SR und auf ICU Hypotherme

Anzahl		Geschlecht		Gesamt
		Männl.	Weibl.	
Weiterverlegung	Früh-OP	11	6	17
	ICU	22	12	34
Gesamt		33	18	51

Tabelle 24

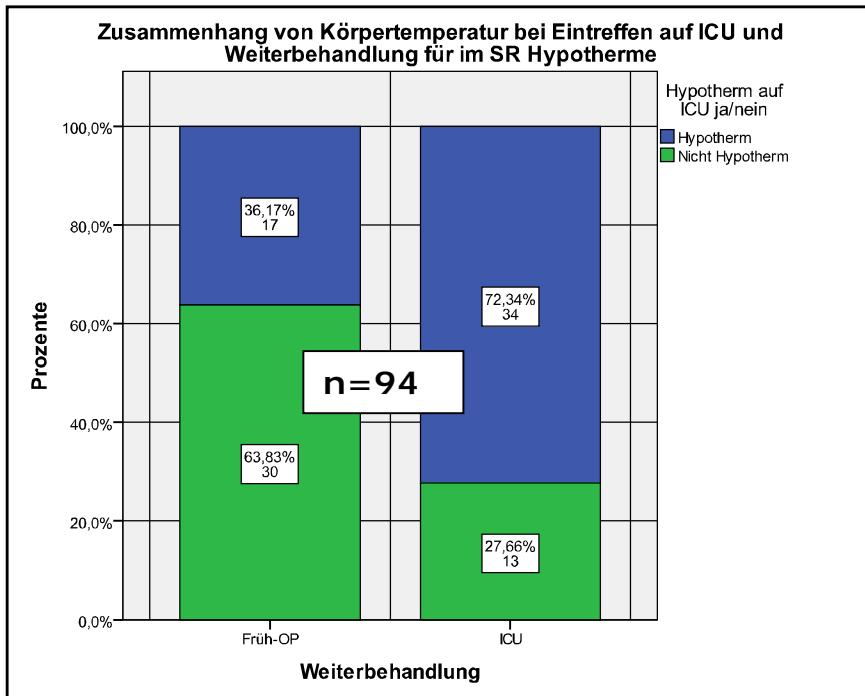


Abb. 86

#### 4.1.4.1.4.2 Im SR nicht Hypotherme nach Verlegung auf ICU in Abhängigkeit von der Weiterbehandlung, vom ISS und vom Geschlecht

Unter den nicht Hypothermen gingen 33,6%, nämlich 48 Patienten, in den OP und 66,4%, nämlich 95 Patienten, direkt auf ICU. 29,2% der Frühoperierten, also 14 Patienten, und 13,7% der direkt auf ICU verlegten, nämlich 13 Verletzte, waren hypotherm, obwohl sie anfangs eine Körpertemperatur über 36°C hatten. Bei den anfangs nicht Hypothermen kamen, abhängig vom ISS, 21,5% bei den leichteren bzw. 17,2% bei den schwereren Polytraumata hypotherm auf ICU an, obwohl sie im Schockraum eine Temperatur von mehr als 36°C hatten. Somit kam es bei 7 Frauen und 6 Männern, die nur im Schockraum therapiert wurden bzw. bei je 7 Frauen und Männern, die im Schockraum und im OP behandelt wurden, zu einer Auskühlung auf unter 36°C. Es liegt keine Signifikanz vor. Vgl. Abb. 87.

## Ergebnisse

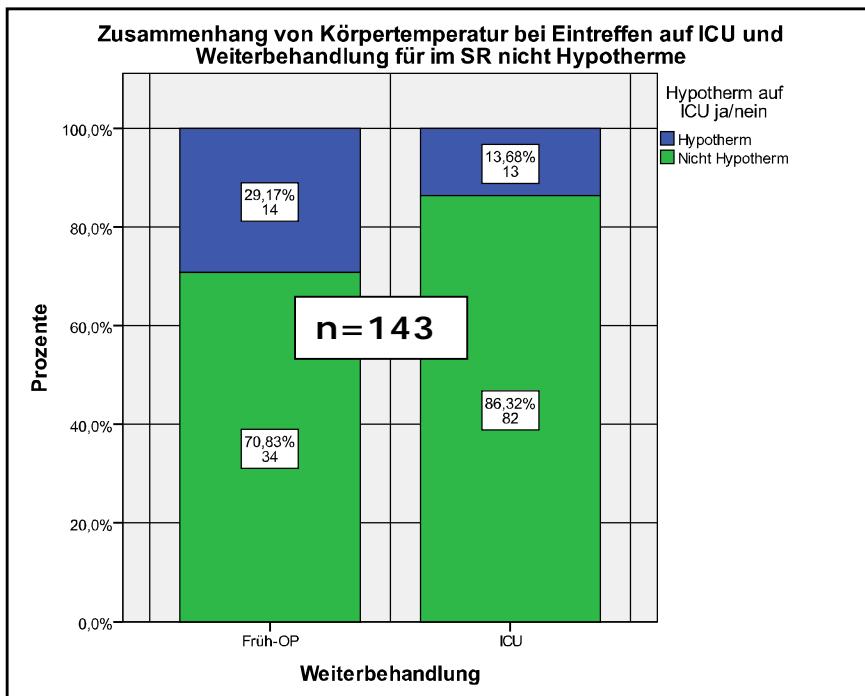


Abb. 87

### 4.1.4.1.5 Körpertemperatur im Schockraum und Verwendung eines Warm-Touch-Gerätes in der Notaufnahme

In diesem Kontext stellt sich zunächst die Frage, wie bzw. wann ein Warm-Touch-Gerät zum Einsatz kam. Insgesamt gibt es zur Verwendung eines Warm-Touch-Gerätes wenige Daten. 18-mal, bei 11 Männern und 7 Frauen, konnte die Verwendung in der Statistik erfasst werden, wobei davon 9 Patienten initial unterkühlt ankamen. Damit kam es bei 20% der Hypothermen sowie bei 13,4% der nicht Hypothermen zum Einsatz. 8 Verletzte, aber 5 der 7 Frauen, bei denen Warm-Touch benutzt wurde, kamen noch immer Hypotherm auf ICU an. Die Temperaturen der Warm-Touch-Patienten lagen zwischen 34,5°C und 37,6°C. Betrachtet man die beiden Verletzungsschweregruppen getrennt, so wurde bei 10 Schwerstverletzten ein Warmtouch verwendet, wovon aber nur 6 initial Hypotherm angekommen waren. Bei den leichter Verletzten kam achtmal ein Warm-Touch-Gerät zum Einsatz, wobei in dieser Gruppe nur 3 Patienten hypotherm eingeliefert worden waren. Vgl. Abb. 88.

## Ergebnisse

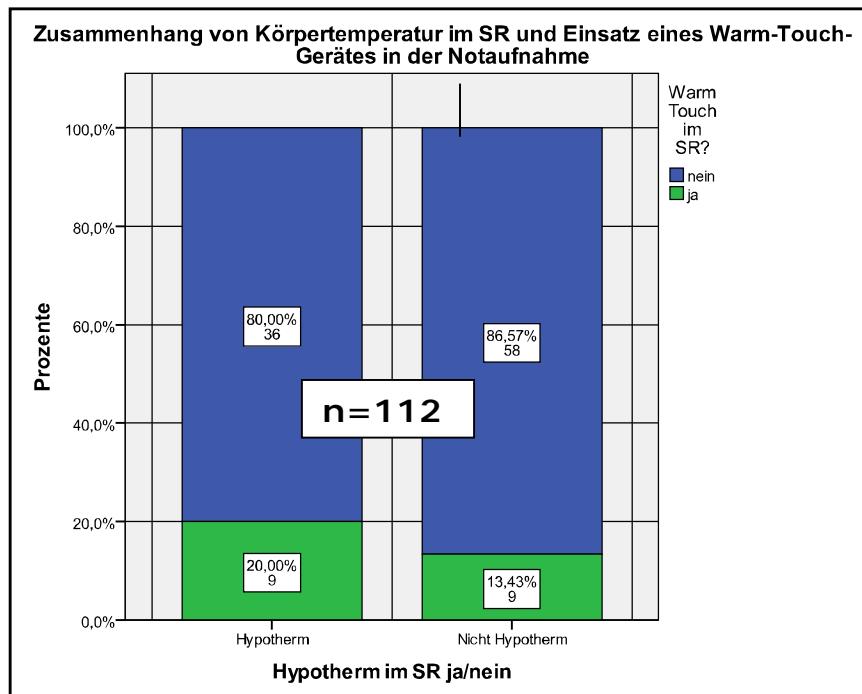


Abb. 88

### 4.1.4.2 EK-Transfusionen in den ersten 24 Stunden und Körpertemperatur im Schockraum

Es lässt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen EK-Transfusionen und der Körpertemperatur feststellen. Bei den 114 erfassten Patienten wurden die im SR Hypothermen mit 42,4% öfter transfusionspflichtig als die nicht Unterkühlten mit 24,6%. Nach dem Mann-Whitney-Test ist dieser Zusammenhang signifikant ( $p=0,019$ ,  $U=1221,5$ ). Auch beim Vergleich der Patienten, die auf ICU hypotherm waren, mit denen, die nicht unterkühlt waren, erhielten die Hypothermen mehr EKs. Dies ist jedoch mit  $p=0,425$  nicht signifikant nach dem Mann-Whitney-Test. Siehe Abb. 89 und 90. Betrachtet man wieder beide Verletzungsschweregruppen getrennt, so waren unter den Schwerstverletzten 56% der Unterkühlten, aber nur 40% der nicht Unterkühlten transfusionspflichtig sowie bei den leichter Verletzten 30% der Hypothermen und nur 11% der nicht Hypothermen. Bei der Subgruppenanalyse findet sich jedoch keine Signifikanz.

## Ergebnisse

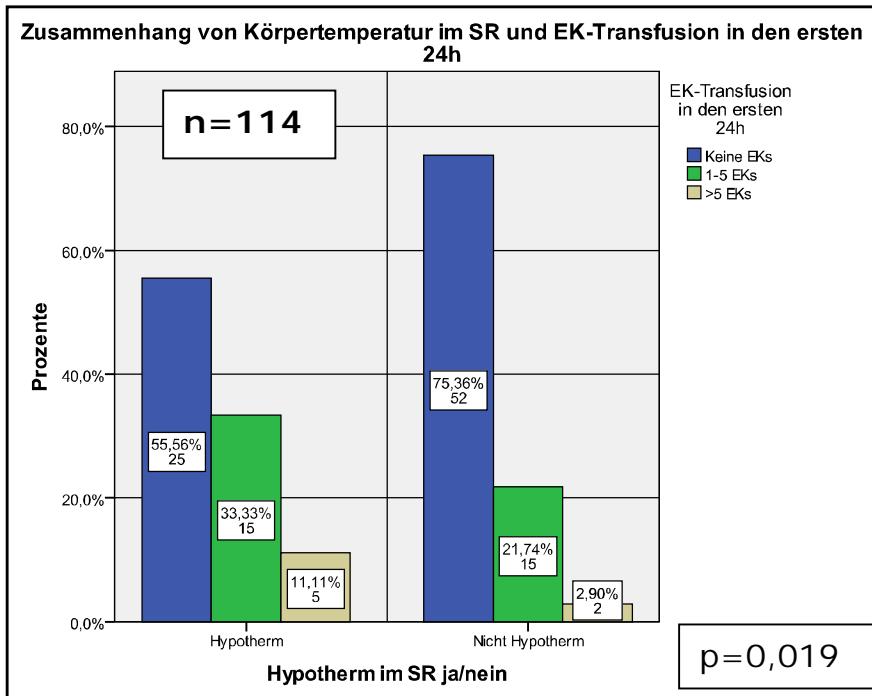


Abb. 89

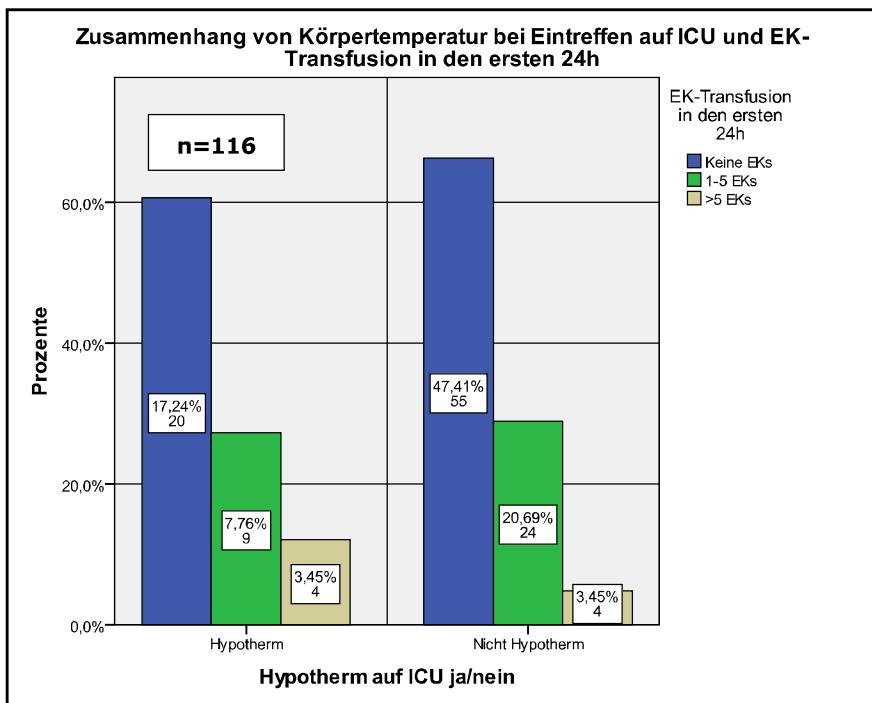


Abb. 90

#### 4.1.4.3 FFP-Transfusion in den ersten 48 Stunden und Körpertemperatur im Schockraum

Es lässt sich die deutliche Tendenz ausmachen, dass Hypotherme, häufiger und mehr FFPs verabreicht bekamen, als Patienten mit nicht erniedrigter Körpertemperatur. Dieser Zusammenhang ist für Hypotherme im SR signifikant nach dem Mann-Whitney-Test mit  $p=0,002$  sowie  $U=2341,5$  sowie für Hypotherme auf ICU mit  $p=0,003$  bzw.  $U=2310$ . Siehe Abb. 91 und 92. Betrachtet man auch hier wieder beide Verletzungsschweregruppen getrennt, so findet man bei 48% der schwerstverletzten Unterkühlten, aber nur 40% der schwerstverletzten nicht Unterkühlten eine FFP-Gabe. Bei den leichter Verletzten waren 10% der Hypothermen und 11% der nicht Hypothermen transfusionspflichtig. Bei der Subgruppenanalyse findet sich keine Signifikanz.

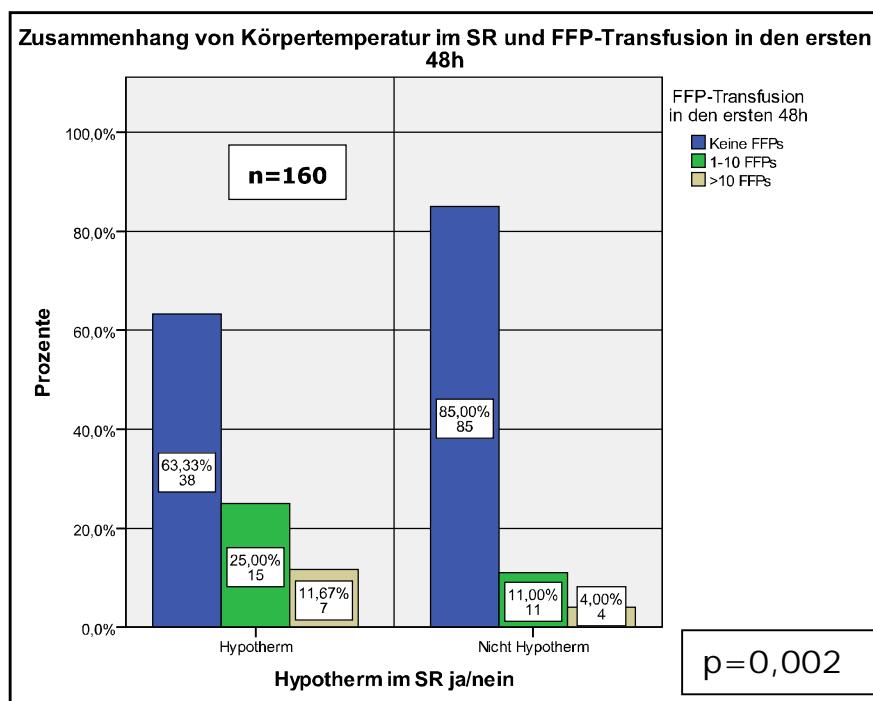


Abb. 91

## Ergebnisse

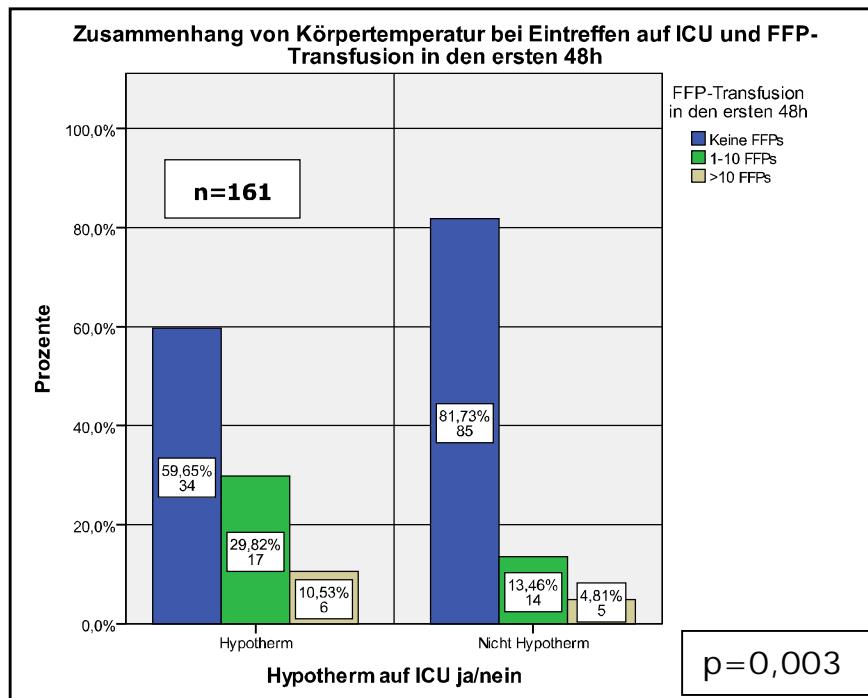


Abb. 92

### 4.1.4.4 Hämostasetherapie auf Intensivstation und Körpertemperatur im Schockraum

In Bezug auf die Notwendigkeit einer Hämostasetherapie auf Intensivstation lässt sich ein mit  $p=0,034$  nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson signifikanter Unterschied zwischen Unterkühlten und nicht Unterkühlten nachweisen. Insgesamt wurde nur bei 46 Patienten eine Hämostasetherapie auf Intensivstation durchgeführt, wovon jeweils 23 unterkühlt bzw. nicht unterkühlt waren. Somit musste bei 21,1% der Hypothermen sowie bei 13,8% der nicht Hypothermen eine Hämostasetherapie durchgeführt werden. 20 wurden zunächst operiert, 26 wurden direkt auf ICU verlegt. Unter den Operierten waren je genau 10 Unterkühlte bzw. nicht Unterkühlte. Unter den direkt Verlegten je 13 Hypotherme bzw. nicht Hypotherme. Vgl. Abb. 93.

## Ergebnisse

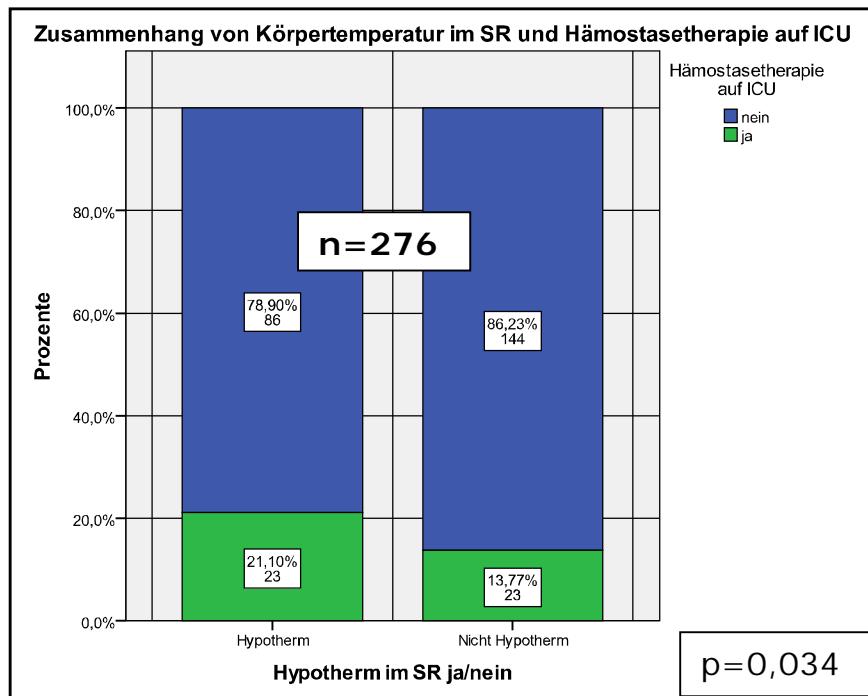


Abb. 93

### 4.1.4.5 Thromboembolie, ISS und Körpertemperatur im Schockraum

Alles in allem ereignete sich bei 4,2% aller Patienten eine Thromboembolie während des stationären Aufenthaltes. In der Gruppe ISS kleiner 25 kam es bei keinem Patienten zu einem thromboembolischen Ereignis. In der Gruppe mit ISS mindestens 25 entwickelten die anfänglich Ausgekühlten zu 7,9%, die zu Beginn Normothermen zu 8,8% und die mit erhöhter Körpertemperatur zu 0% eine Thrombembolie. Somit findet sich kein Zusammenhang zwischen anfänglicher Untertemperatur und nachfolgender Thrombose oder Embolie. Siehe Abb. 94 und 95.

## Ergebnisse

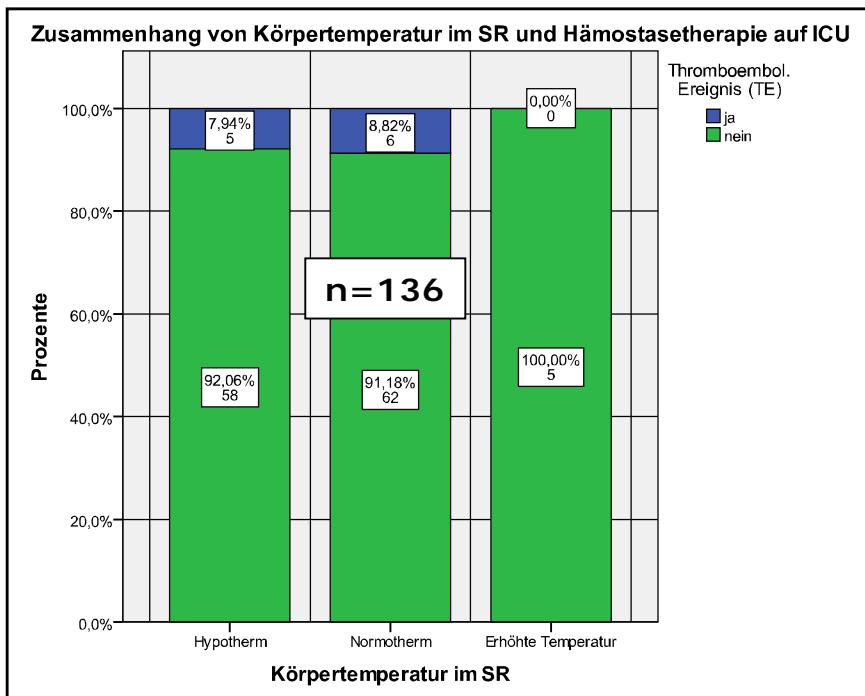


Abb. 94

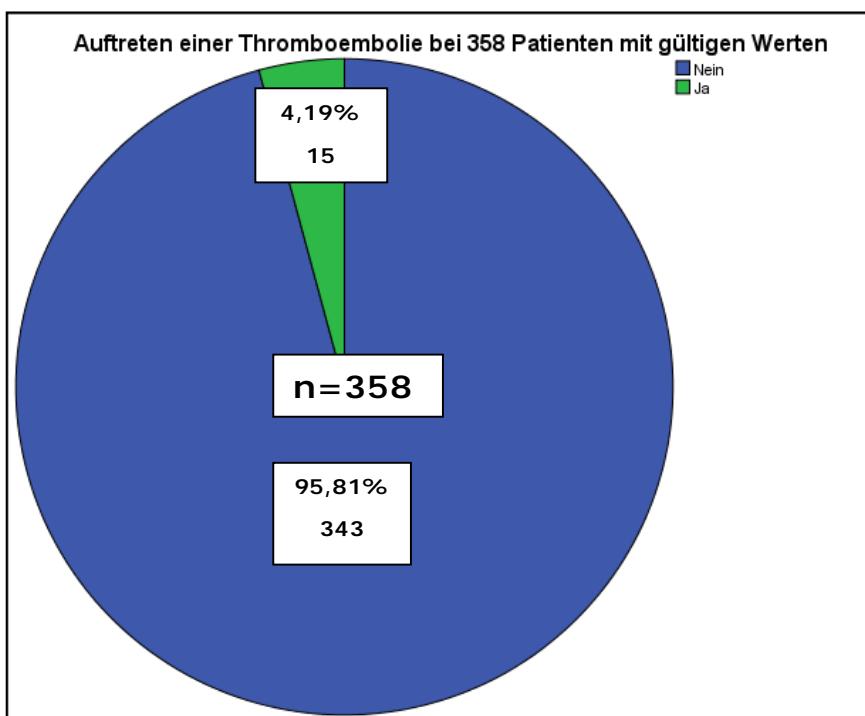


Abb. 95

## Ergebnisse

### 4.1.4.6 Liegedauer, ISS und Körpertemperatur im Schockraum

Zwischen Körpertemperatur bei Einlieferung und Liegedauer findet sich eine Tendenz zu längerer Liegezeit bei Hypothermen. Nach dem Mann-Whitney-Test liegt jedoch keine Signifikanz vor. Vergleicht man die Mittel- und Medianwerte von Unterkühlten und nicht Unterkühlten, so stellt man fest, dass Ausgekühlte im Mittel 4,2 Tage und im Median 3 Tage länger im Krankenhaus lagen. Vgl. Tabelle 25. Unterteilt man wieder nach ISS <25 bzw. ISS ≥25, so haben in beiden Gruppen die Hypothermen eine etwas längere Liegedauer als die nicht Hypothermen. Außerdem liegen die leichter Verletzten kürzer in der Klinik als die Schwerstverletzten. Siehe Abb. 96 und 97.

#### Statistiken

##### Liegedauer in Tagen für Hypotherme

N	Gültig	117
	Fehlend	0
Mittelwert		22,21
Median		18,00
Standardabweichung		21,516
Minimum		1
Maximum		124
Perzentil 25		10,00
e 50		18,00
75		28,00

#### Statistiken

##### Liegedauer in Tagen für nicht Hypotherme

N	Gültig	190
	Fehlend	0
Mittelwert		18,02
Median		15,00
Standardabweichung		13,512
Minimum		1
Maximum		68
Perzentile 25		8,00
e 50		15,00
75		25,00

Tabelle 25

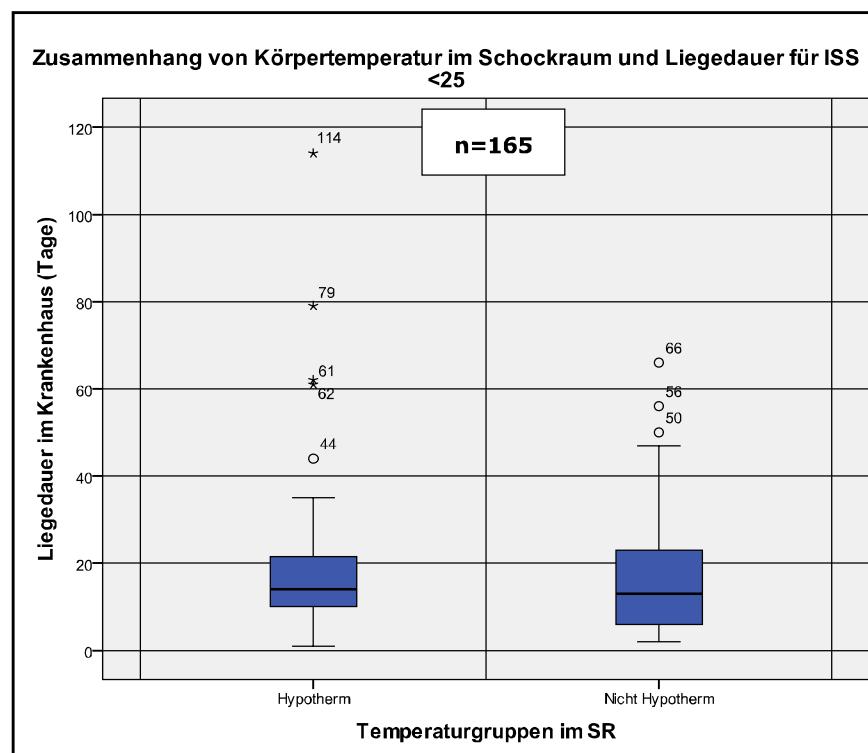


Abb. 96

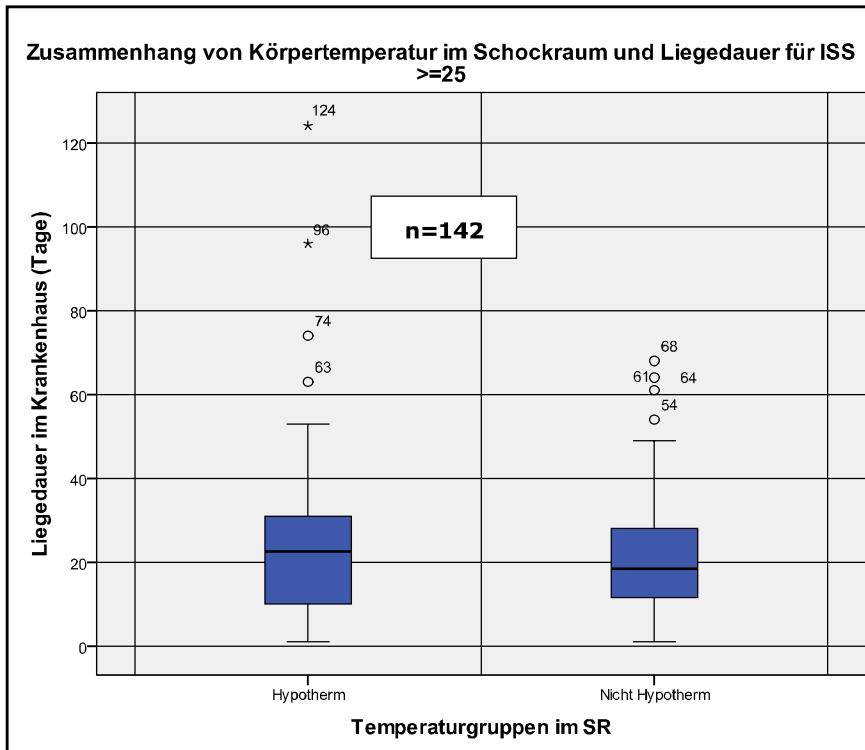


Abb. 97

#### 4.1.4.7 Intensivaufenthalt, ISS und Körpertemperatur im Schockraum

##### 4.1.4.7.1 Intensivtage

Betrachtet man den Intensivaufenthalt und die Körpertemperatur zu Beginn, so findet man auch hier bei den bei Ankunft Ausgekühlten einen längeren Aufenthalt auf Intensivstation. Patienten mit eingangs erniedrigter Körpertemperatur lagen im Mittel 4,3 Tage sowie im Median zwei Tage länger auf einer Intensivstation. Diese Relation ist nach dem Mann-Whitney-Test signifikant ( $p=0,006$ ,  $U=9037$ ). Siehe Tabelle 26. Unterteilt man wieder in  $\text{ISS} < 25$  und  $\text{ISS} \geq 25$ , so stellt man fest, dass die Hypothermen Schwerstverletzten tendenziell am längsten liegen, während bei den leichter Verletzten kaum ein Unterschied zwischen Unterkühlten und nicht Unterkühlten feststellbar ist. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht signifikant. Vgl. Abb. 98 und 99.

## Ergebnisse

Statistiken zu Hypothermen			Statistiken zu nicht Hypothermen		
		Intensivtage			Intensivtage
N	Gültig	112	N	Gültig	169
	Fehlend	5		Fehlend	21
Mittelwert		12,06250	Mittelwert		7,73225
Median		6,00000	Median		4,00000
Standardabweichung		14,603841	Standardabweichung		8,240144
Minimum		1,000	Minimum		,250
Maximum		95,000	Maximum		41,000
Perzentile	25	2,00000	Perzentile	25	2,00000
	50	6,00000		50	4,00000
	75	18,00000		75	10,00000

Tabelle 26

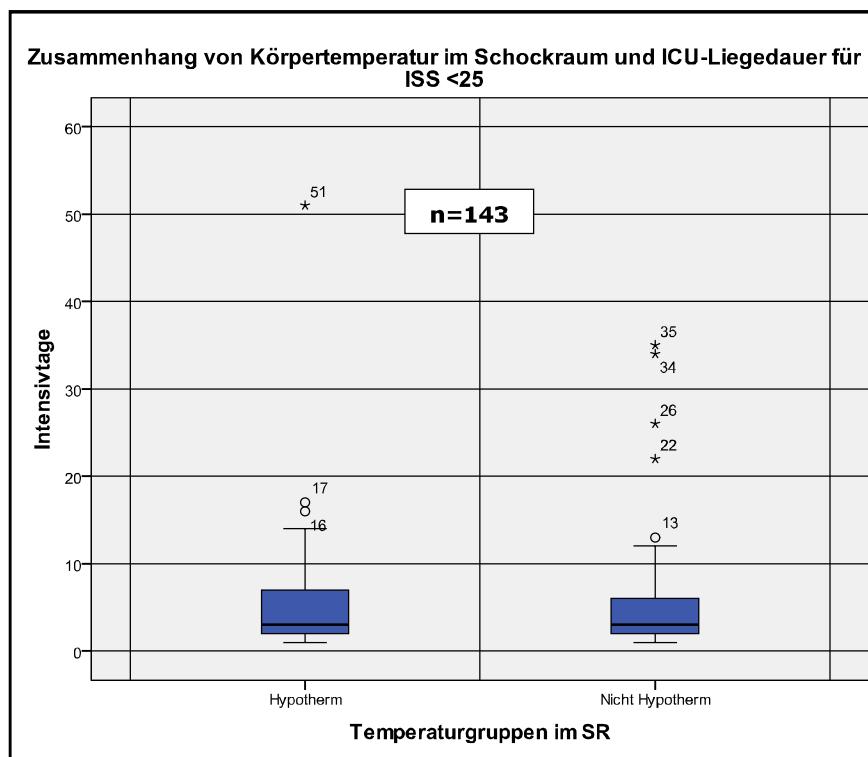


Abb. 98

## Ergebnisse

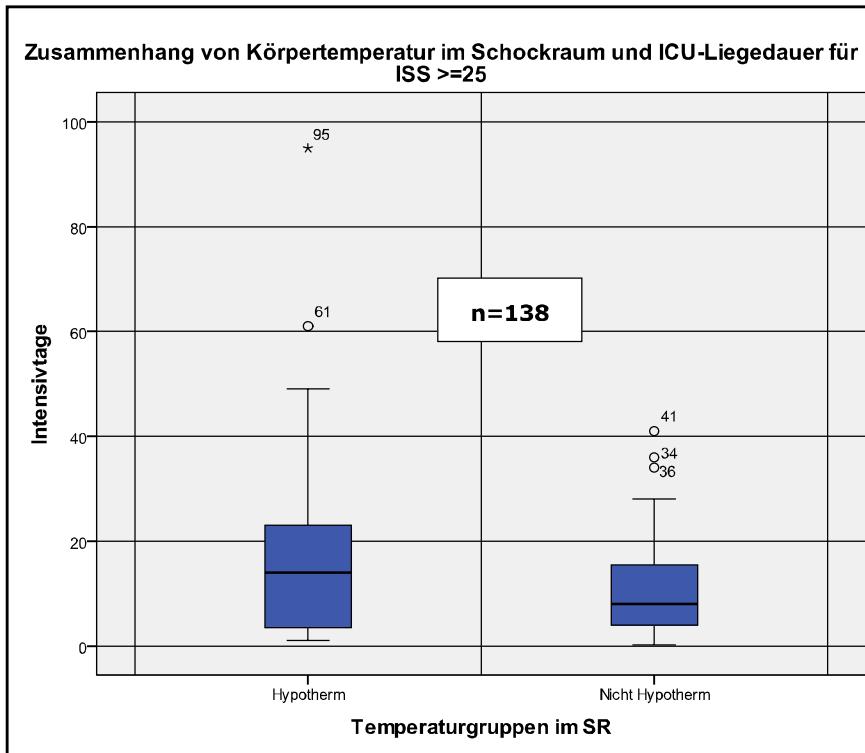


Abb. 99

### 4.1.4.7.2 ICU-free-days

Die Analyse der ICU-free-days liefert das Ergebnis, dass zunächst zu ausgekühlte Verletzte im Mittel 6,4 Tage sowie im Median 8 Tage länger auf Intensivstation behandelt werden mussten als Verunfallte mit einer initialen Körpertemperatur von mindestens 36°C. In diesem Fall ist das Ergebnis hochsignifikant nach dem Mann-Whitney-Test ( $p<0,001$ ,  $U=7427$ ). Siehe Tabelle 27.

Auch die Unterteilung in ISS  $<25$  sowie ISS  $\geq 25$  zeigt, dass hypotherme Patienten länger auf einer ICU behandelt werden mussten als nicht Unterkühlte. Bei den Schwerstverletzten ist dieser Unterschied noch deutlicher als bei den Patienten mit ISS  $<25$ . Siehe Abb. 100 und 101.

Statistiken zu Hypothermen		Statistiken zu nicht Hypothermen
	ICU-free days (30 days)	ICU-free days (30 days)
N	Gültig	117
	Fehlend	0
Mittelwert		15,38
Median		18,00
Varianz		131,532
Minimum		0
Maximum		30
Perzentile 25		,00
50		18,00
75		27,00
N	Gültig	190
	Fehlend	0
Mittelwert		21,73
Median		26,00
Varianz		85,883
Minimum		0
Maximum		30
Perzentile 25		17,75
50		26,00
75		28,00

Tabelle 27

## Ergebnisse

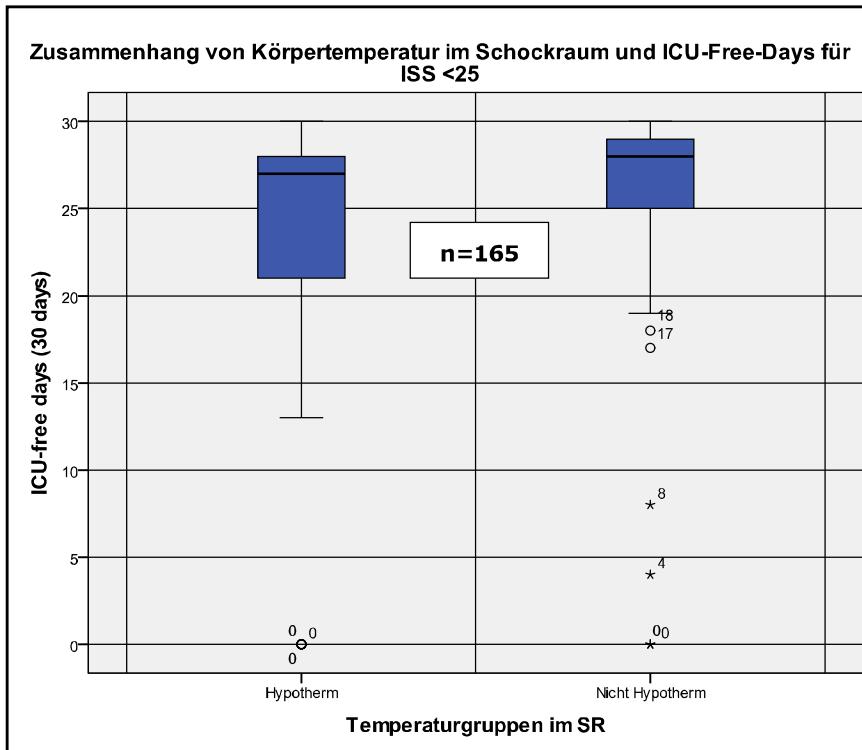


Abb. 100

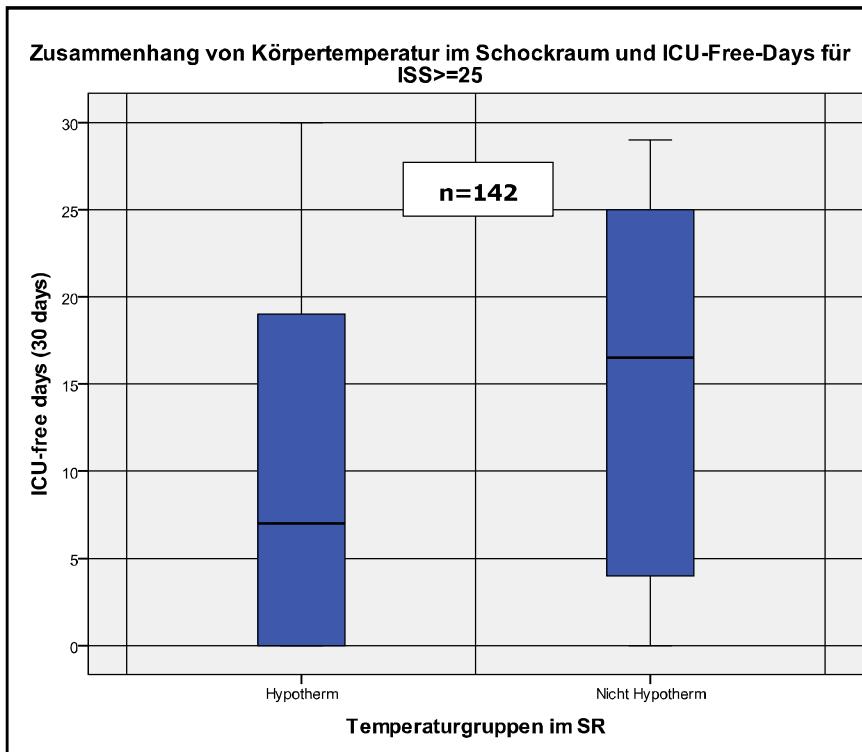


Abb. 101

## Ergebnisse

### 4.1.4.8 Beatmungsdauer, ISS und Körpertemperatur im Schockraum

#### 4.1.4.8.1 Intubationstage

Die Betrachtung der Intubationstage liefert ebenfalls ein signifikantes Resultat nach dem Mann-Whitney-Test ( $p<0,001$ ,  $U=8148,5$ ). So waren Hypotherme im Mittel 2,5 Tage bzw. im Median 1 Tag länger intubiert. Es fällt außerdem auf, dass die Hypothermen mit ISS mindestens 25 vergleichsweise am längsten beatmet werden mussten. Siehe Tabelle 28 sowie Abb. 102 und 103.

Statistiken zu Hypothermen		Statistiken zu nicht Hypothernen	
	Intubationstage		Intubationstage
N	Gültig	103	128
	Fehlend	14	62
Mittelwert		8,83010	6,29258
Median		4,00000	3,00000
Standardabweichung		10,944726	6,743761
Minimum		,500	,200
Maximum		61,000	29,000
Perzentile	25	1,00000	1,00000
	50	4,00000	3,00000
	75	14,00000	10,00000

Tabelle 28

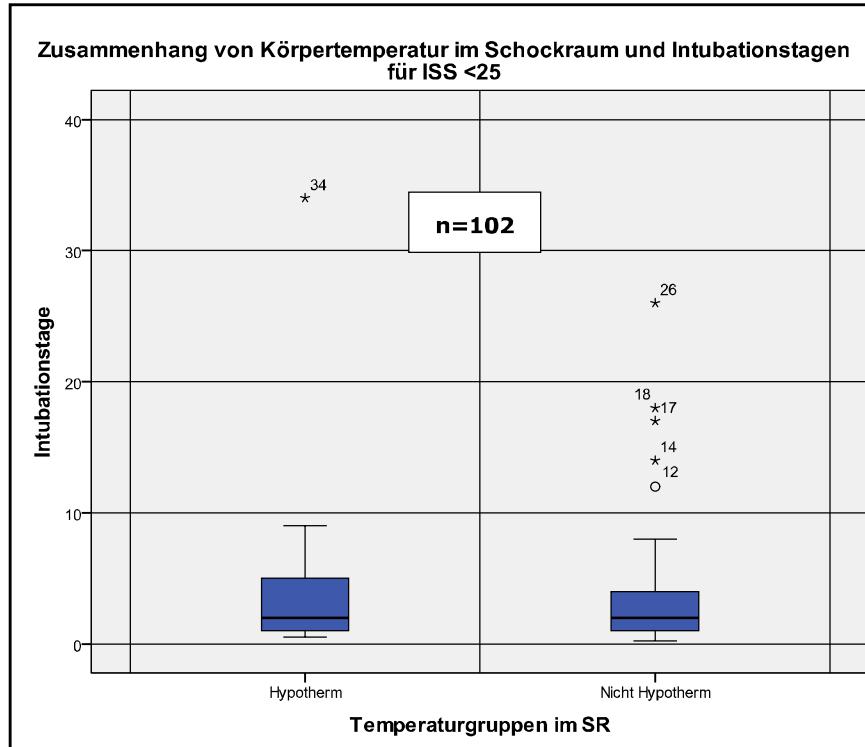


Abb. 102

## Ergebnisse

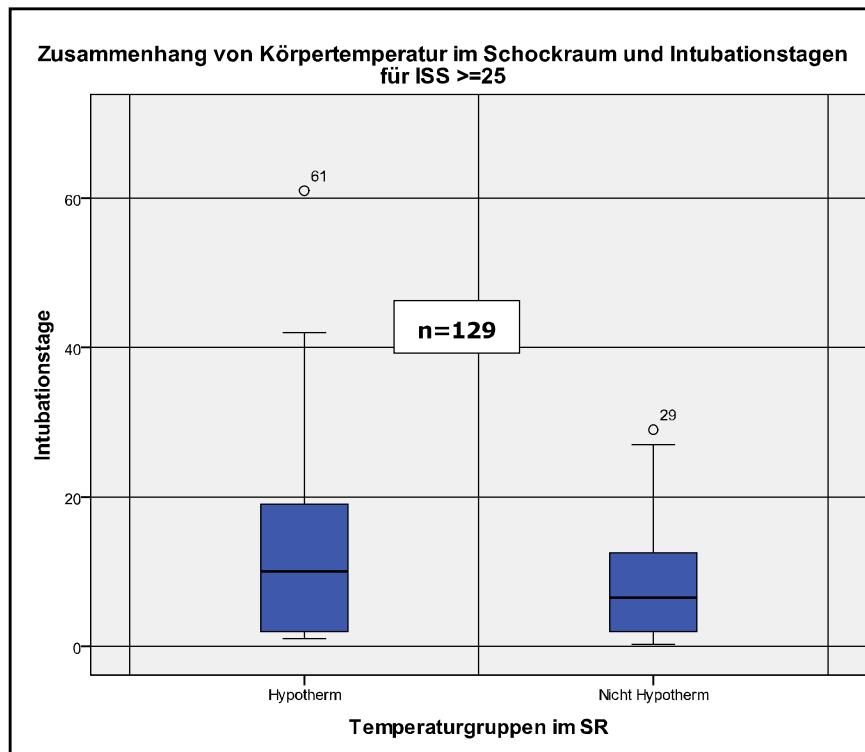


Abb. 103

### 4.1.4.9 Organversagen, ISS und Körpertemperatur im Schockraum

#### 4.1.4.9.1 Atmung

Ein Organversagen der Atmung steht mit einer primär zu niedrigen Körpertemperatur in einer, nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson mit  $p=0,032$ , signifikanten Beziehung.

Unterteilt man die Patienten in zwei Gruppen AIS-Thorax  $< 3$  und AIS-Thorax  $\geq 3$ , so stellt man fest, dass die Patienten mit einer Körpertemperatur von weniger als  $36^{\circ}\text{C}$  in beiden Gruppen häufiger ein Organversagen der Atmung bekamen, als solche die nicht hypotherm eintrafen. Die Korrelation ist jedoch nicht signifikant. Vgl. Abb. 104 und 105.

## Ergebnisse

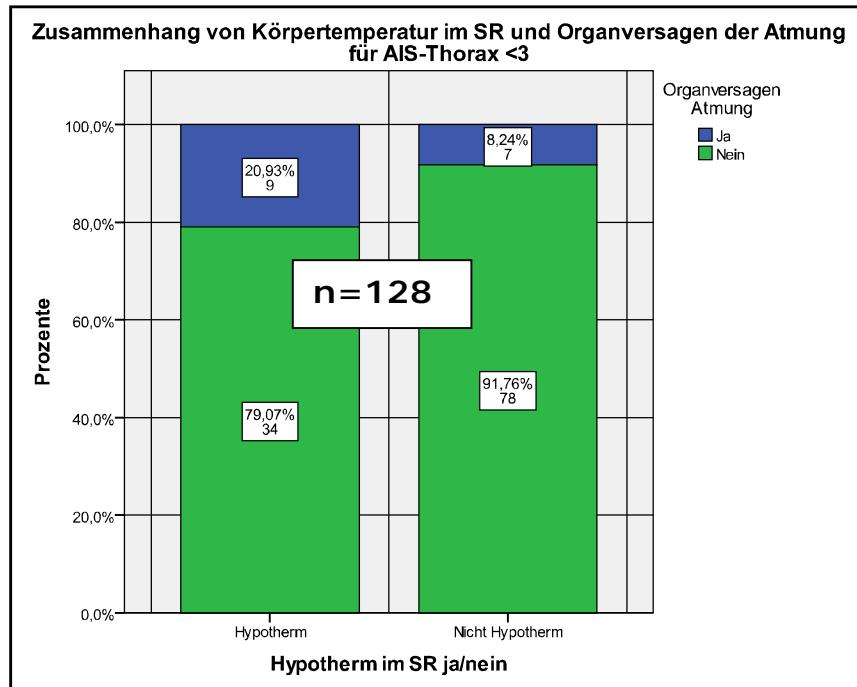


Abb. 104

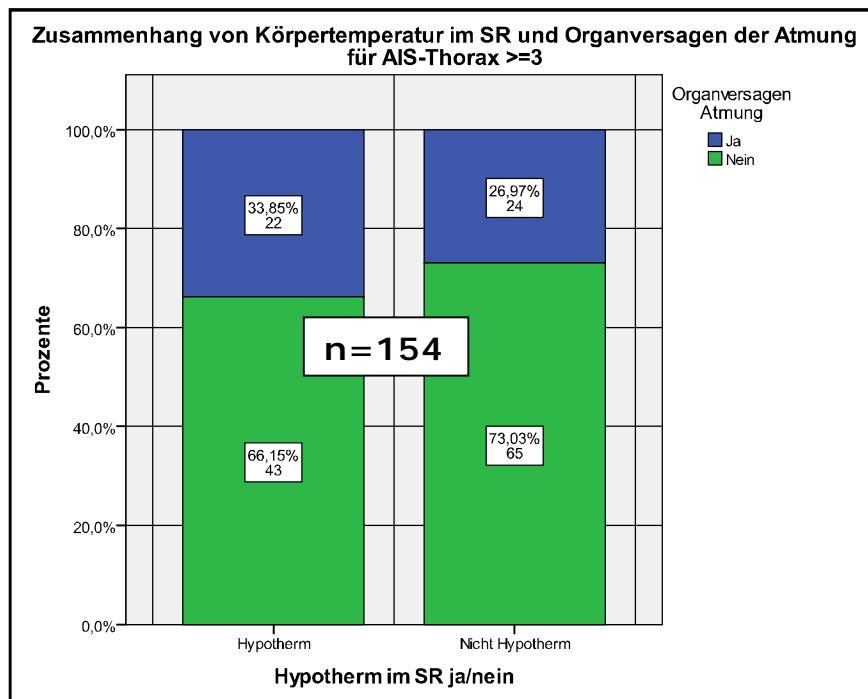


Abb. 105

#### 4.1.4.9.2 Herz-Kreislauf

Ein Organversagen des Herz-Kreislauf-Systems ist in einem, nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson mit  $p<0,001$ , hochsignifikanten Bezug zur Körpertemperatur bei Einlieferung zu sehen. Verunglückte mit zunächst erniedrigter Körpertemperatur waren im weiteren Verlauf deutlich häufiger katecholaminpflichtig als nicht Unterkühlte.

Unterteilt man wieder anhand des ISS in zwei Gruppen, so findet man in beiden Gruppen eine signifikante Korrelation nach dem Chi-Quadrat-Test mit  $p= 0,034$  für  $\text{ISS} \geq 25$  und  $p=0,003$  für  $\text{ISS} < 25$ . Siehe Abb. 106 und 107.

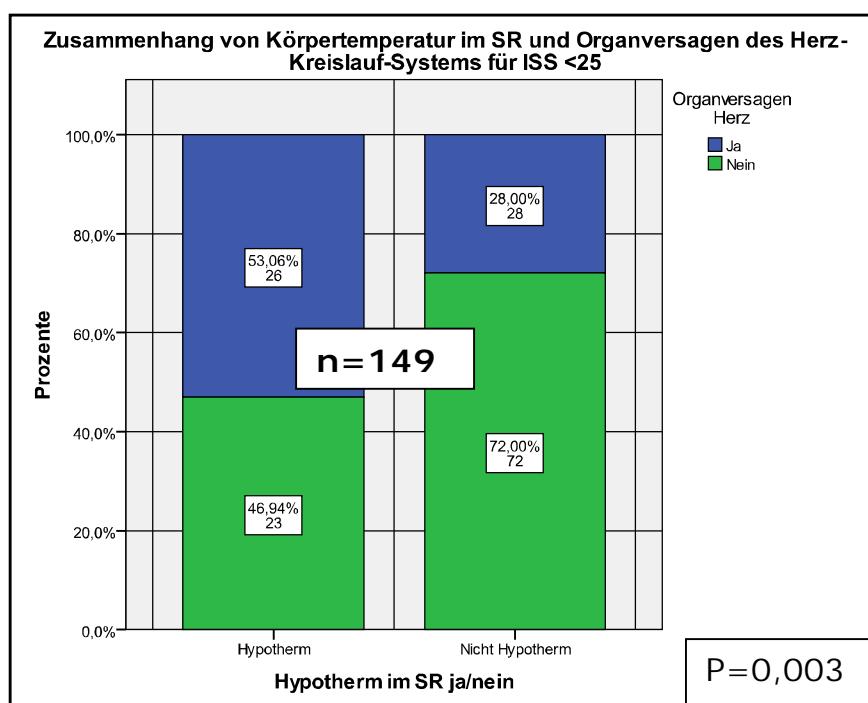


Abb. 106

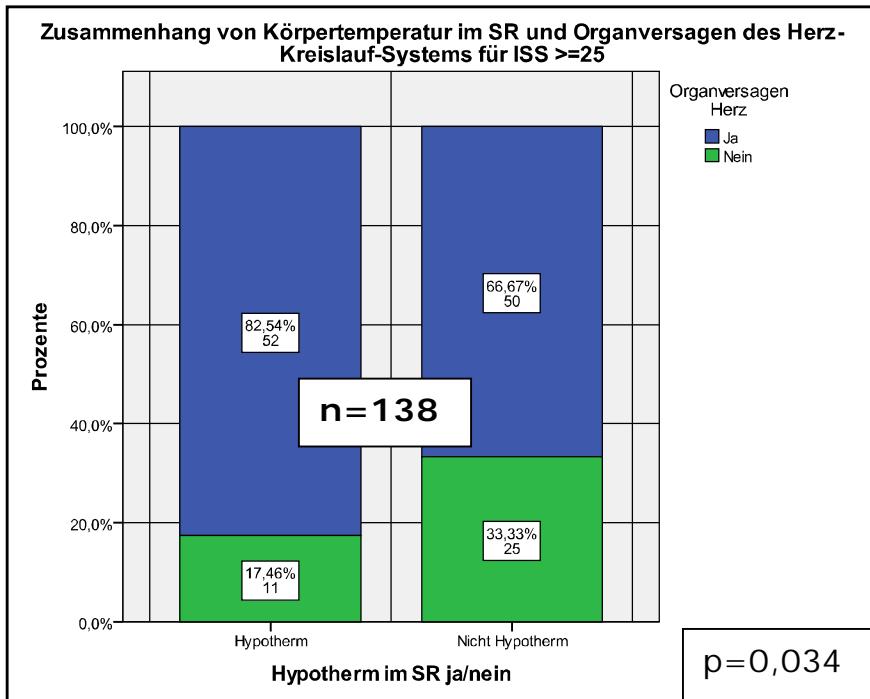


Abb. 107

#### 4.1.4.9.3 Koagulation

Ein Organversagen der Koagulation steht in einem hochsignifikanten Zusammenhang zur Körpertemperatur im Schockraum mit  $p=0,004$  nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson.

Unterteilt man wieder in ISS <25 sowie ISS  $\geq 25$ , so stellt man fest, das in der Gruppe der weniger stark Betroffenen die Aussagekraft weniger groß ist, da lediglich ein Patient, der allerdings mit einer Körpertemperatur von weniger als  $36^{\circ}\text{C}$  im Krankenhaus ankam, ein Koagulationsversagen bekam. Allerdings entwickelten in der Gruppe mit ISS  $\geq 25$  15,3% der Hypothermen und nur 4,1% der nicht Ausgekühlten ein Koagulationsversagen. Dieser Zusammenhang ist mit  $p=0,027$  signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test. Vgl. 108 und 109.

## Ergebnisse

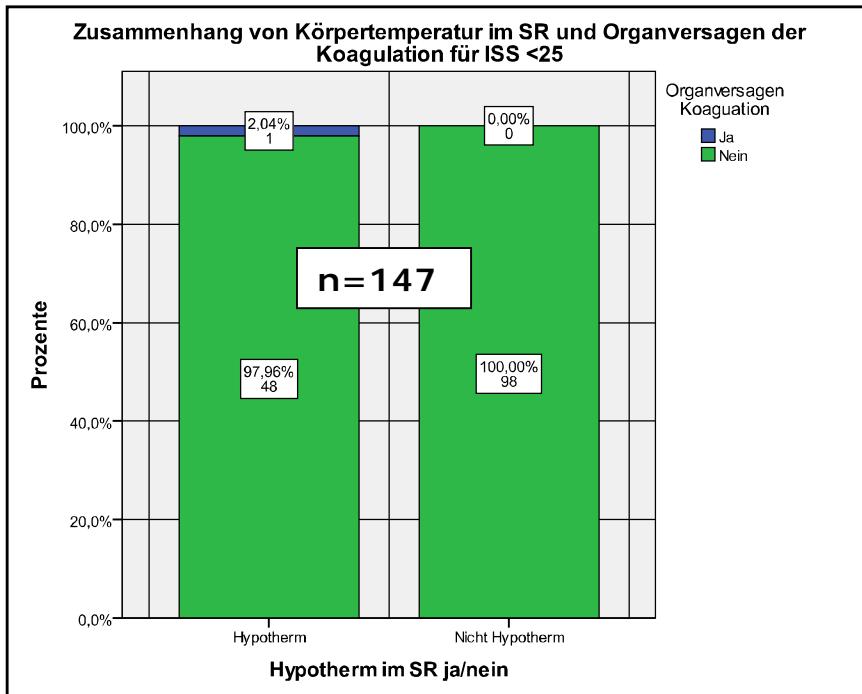


Abb. 108

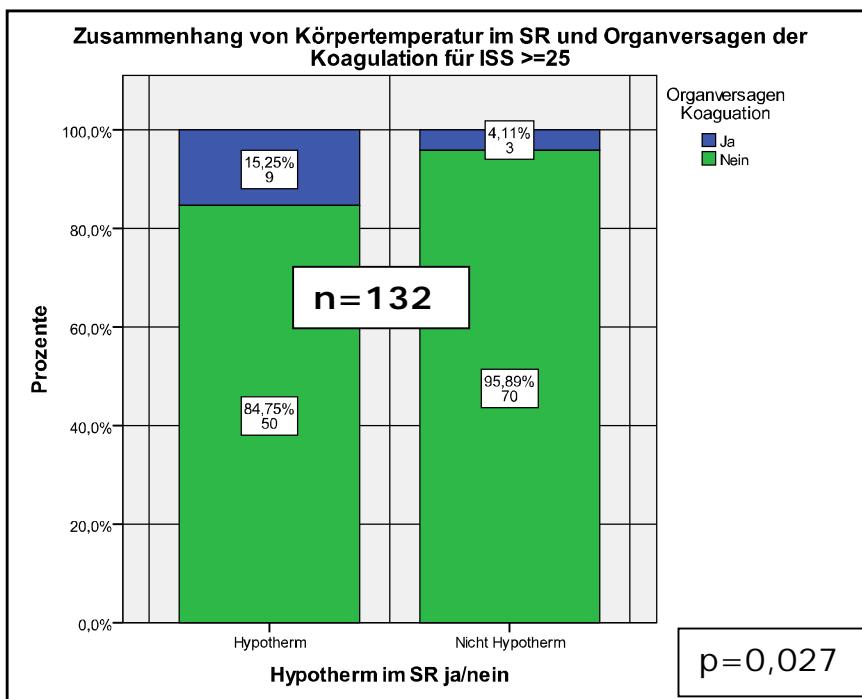


Abb. 109

### 4.1.4.9.4 Leber

In diesem Fall kann keine eindeutige bzw. gar signifikante Aussage über eine Verbindung zwischen Leberversagen und Körpertemperatur im Schockraum vorgenommen werden, da lediglich drei Patienten, wovon immerhin zwei unterkühlt im Schockraum angekommen waren, ein Leberversagen erlitten.

### 4.1.4.9.5 Niere

Insgesamt ist auch hier die Anzahl der Patienten mit Nierenversagen mit 4,2%, also 14 Patienten, sehr klein, was Aussagen über eine Verzahnung mit der Körpertemperatur im Schockraum erschwert bzw. keine Signifikanz ermöglicht. Von diesen Dialysepflichtigen wiederum kamen aber 57%, nämlich 8 Patienten, unterkühlt im Schockraum an. 71,4% hatten einen ISS von  $\geq 25$ .

### 4.1.4.9.6 Multiorganversagen

Zusammen erlitten 96 Verunfallte, nämlich 28,5% aller Patienten, ein Multiorganversagen. Davon hatten 82,9% einen ISS von mindestens 25. Es lässt sich auch hier eine, mit  $p<0,001$  nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson, hochsignifikante Korrelation zwischen MOV und Körpertemperatur bei Ankunft im Krankenhaus feststellen.

Unterteilt man wieder anhand des ISS in zwei Gruppen, so entwickelten bei den leichter Verletzten 14,3% der anfangs Ausgekühlten und 6,1% der nicht Ausgekühlten ein MOV. Bei den schwerer Verletzten erlitten 58,1% der Unterkühlten und nur 36,0% der nicht Unterkühlten in ein Multiorganversagen. Beide Korrelationen sind signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test mit  $p=0,019$  bei den leichter Verletzten und  $p= 0,003$  bei den schwerer Verletzten. Siehe Abb. 110 und 111. Ein MOV dauerte bei unseren Patienten zwischen zwei und 18 Tagen, es kam zum Versagen von einen bis sechs Organsystemen. Die Dauer des MOV war bei initial hypothermen Patienten länger als bei nicht Hypothermen. Siehe Abb. 112.

## Ergebnisse

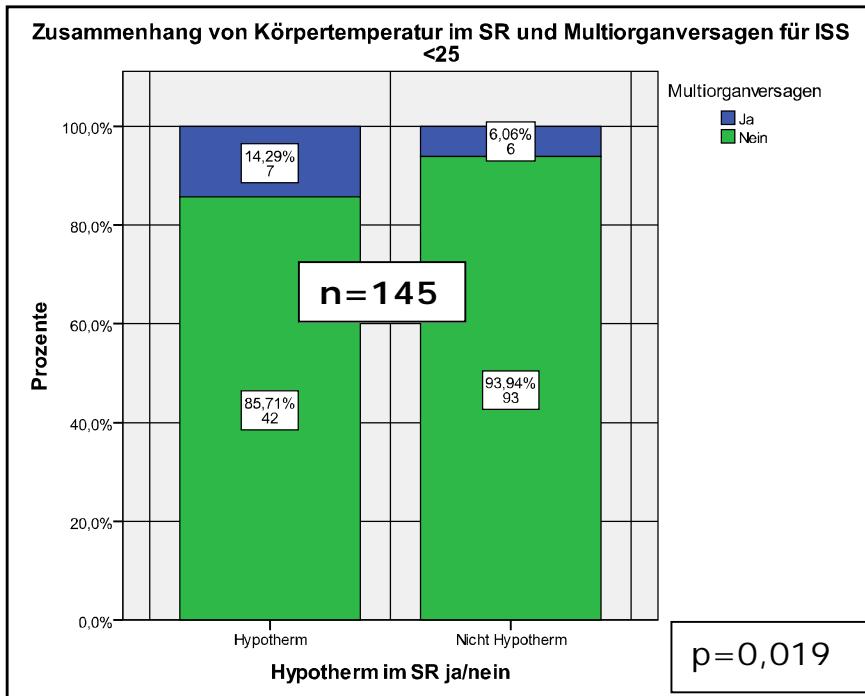


Abb. 110

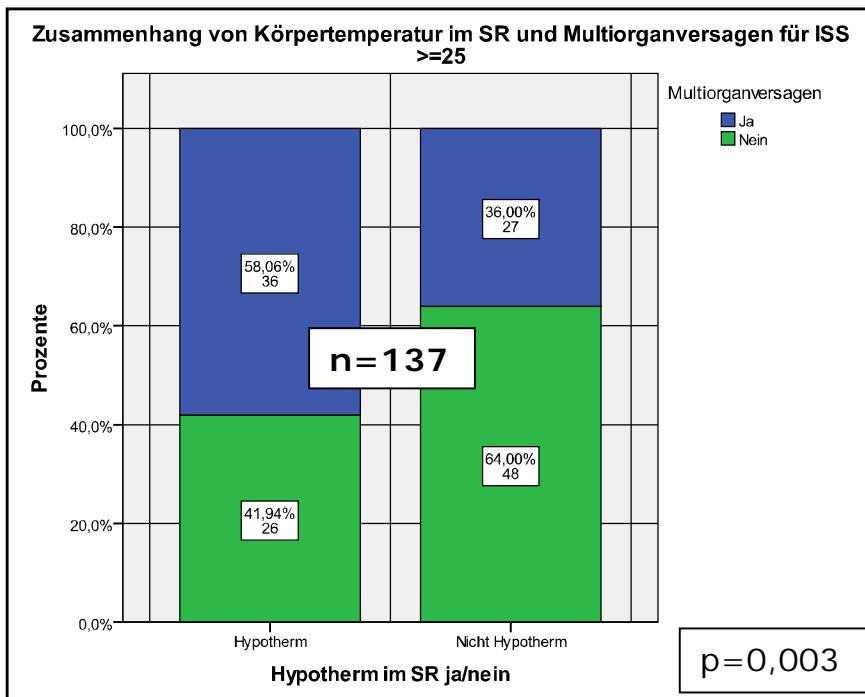


Abb. 111

## Ergebnisse

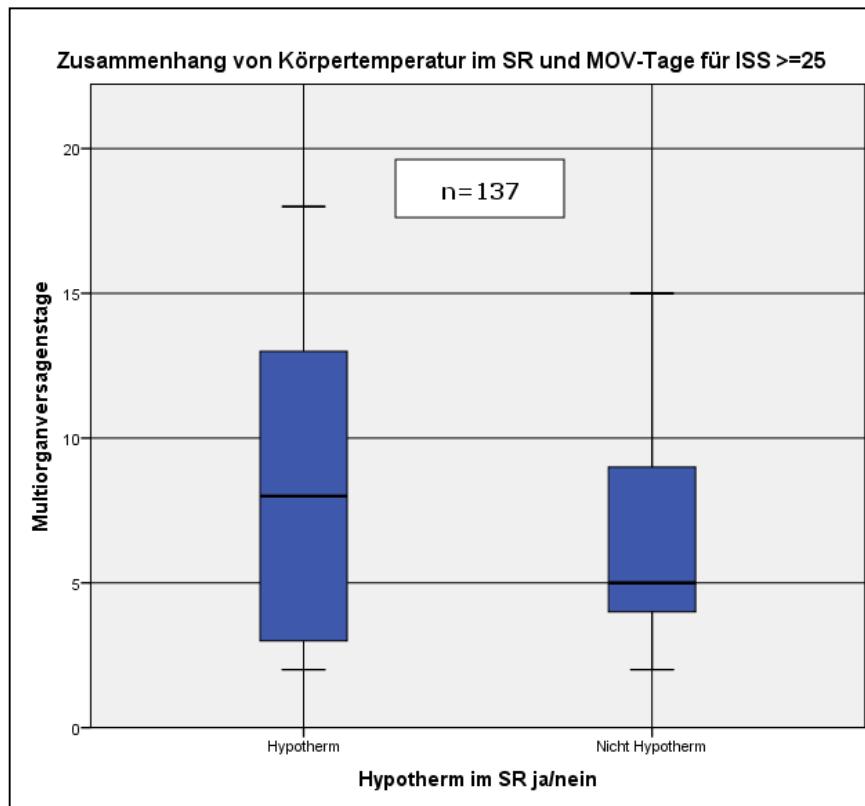


Abb.112

### 4.1.4.10 Sepsis, ISS und Körpertemperatur im Schockraum

11% aller Patienten, nämlich 37 Personen, bekamen während des Krankenhausaufenthaltes eine Sepsis. Von diesen 37 Patienten konnte allerdings nur bei 26 eine Temperatur gemessen werden. Trotzdem lässt sich daraus eine, mit  $p=0,004$  nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson, signifikante Korrelation zwischen Sepsis und anfänglicher Körpertemperatur aufzeigen.

Bei den weniger Schwerverletzten, die unterkühlt ankamen, erlitten 6,1% eine Sepsis, bei den nicht Unterkühlten 2%. Dabei war keiner derer, die eine Sepsis entwickelten, im Schockraum normotherm. In der Gruppe mit ISS mindestens 25 erlitten 19,4%, der anfangs Ausgekühlten sowie 12%, der zu Beginn nicht Ausgekühlten, eine Sepsis. Für die Untergruppenanalyse ergibt sich keine Signifikanz. Siehe Abb. 113 und 114.

## Ergebnisse

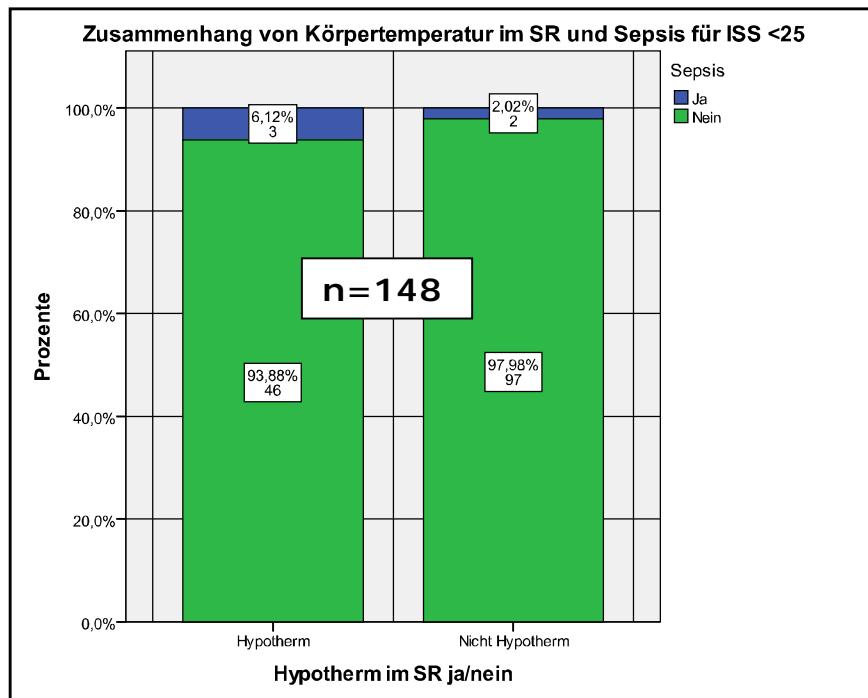


Abb. 113

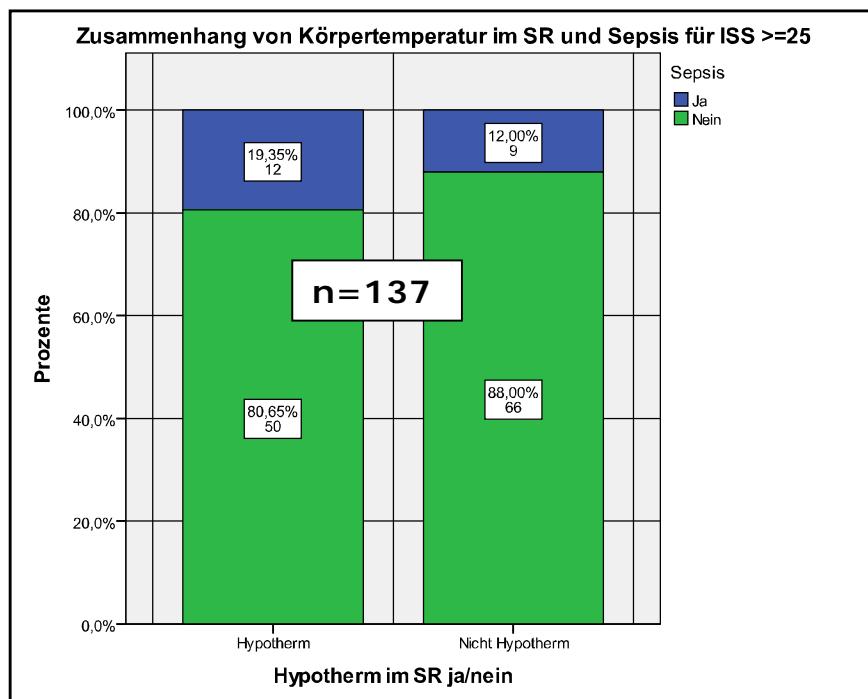


Abb. 114

### 4.1.4.11 Mortalität und Körpertemperatur im Schockraum

#### 4.1.4.11.1 24-Stunden-Mortalität

Insgesamt kommt es in der Gruppe mit verminderter Körpertemperatur mit 10,3%, verglichen mit 2,1% bei den nicht Hypothermen zu einer, nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson mit  $p=0,002$ , signifikant größeren 24-Stunden Mortalität. Siehe Abb. 115. Unterteilt man die Patienten nach  $\text{ISS} < 25$  bzw.  $\text{ISS} \geq 25$ , so findet man bei den leichter Verletzten Patienten unter 165 Verletzten 2 Todesfälle, alle bei initial Hypothermen. Diese Korrelation ist jedoch nicht signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test. Betrachtet man die Schwerstverletzten, so kam es unter 142 Patienten zu 14 Todesfällen, 10 davon bei initial Hypothermen. Damit beträgt die 24-Stunden-Mortalität bei den nicht Hypothermen 5,2%, bei den Hypothermen 15,2%. Dies ist mit  $p=0,049$  signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test.

Unterteilt man die Hypothermen sowie die nicht Hypothermen in RISC-Gruppen, so findet sich allerdings auch hier eine größere Mortalität bei den Hypothermen. Für Hypotherme korrelieren RISC-Werte und 24-Std.-Mortalität nach dem Mann-Whitney-Test signifikant ( $p<0,001$ ,  $U=20$ ). So verstarben in 24 Stunden bei den Unterkühlten mit RISC 30-50 22,4%, mit RISC 50-80 36,4% sowie mit  $\text{RISC} \geq 80$  55,6%. Während bei den nicht Unterkühlten mit RISC 30-50 kein Patient, mit RISC 50-80 18,2% sowie mit  $\text{RISC} \geq 80$  50% innerhalb des ersten Tages verstarben. Auch hier korrelieren RISC-Werte und 24-Stunden-Mortalität nach dem Mann-Whitney-Test signifikant ( $p=0,005$ ,  $U=7$ ). Weiterhin hängen RISC-Werte und Körpertemperatur im SR nach dem Mann-Whitney-Test signifikant zusammen ( $p<0,001$ ,  $U=3918$ ). Siehe Abb. 116 und 117 sowie Tabelle 29 und 30.

Bei den Hypothermen liegt der Median des RISC bei 4,4, der Mittelwert bei 19,6. In der Gruppe der Nicht Unterkühlten beträgt der Median 1,9 sowie der Mittelwert 12,05. 92% derer, die innerhalb von 24 Stunden starben, hatten einen ISS von größer 25, ihr RISC-Mittelwert betrug 81,9, ihr RISC-Median 94,4. Unter diesen 16 Patienten mit gültigen Werten hatten 12, also 75%, eine Körpertemperatur unter 36°C.

## Ergebnisse

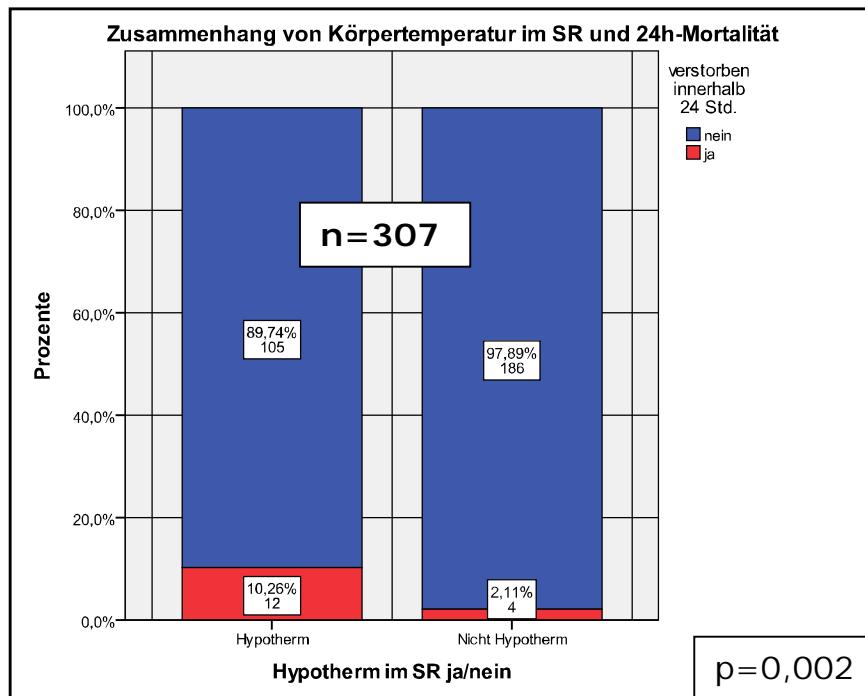


Abb. 115

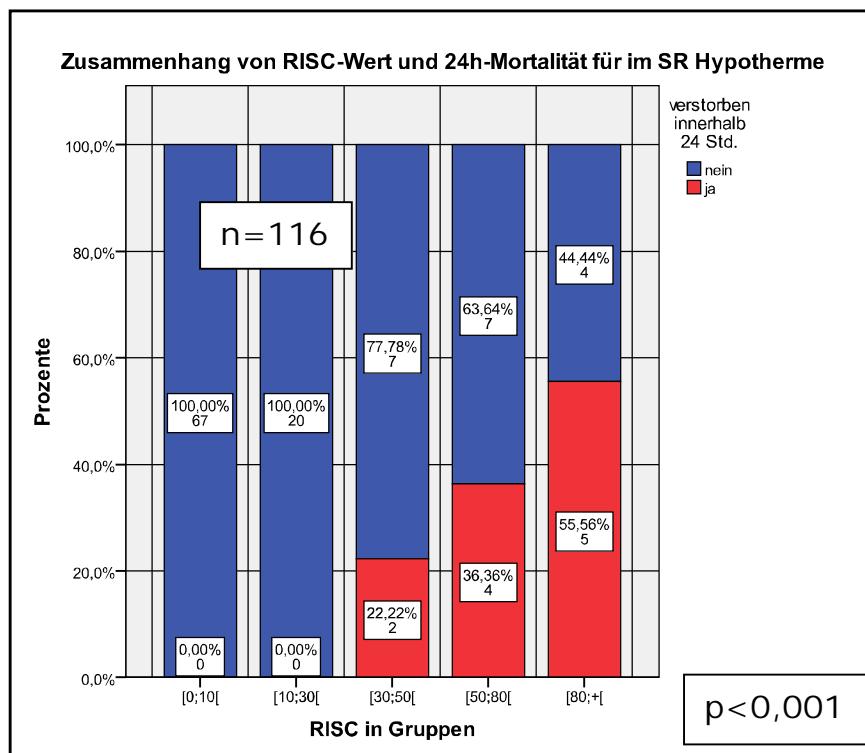


Abb. 116

## Ergebnisse

Anzahl	verstorben innerhalb 24 Std.		Gesamt
	0	1	
RISC in Gruppen	[0;10[	67	0
	[10;30[	20	0
	[30;50[	7	2
	[50;80[	7	4
	[80;+[	4	5
Gesamt		105	11
			116

Tabelle 29: RISC in Gruppen \* verstorben innerhalb 24 Std. Kreuztabelle für im SR Hypotherme

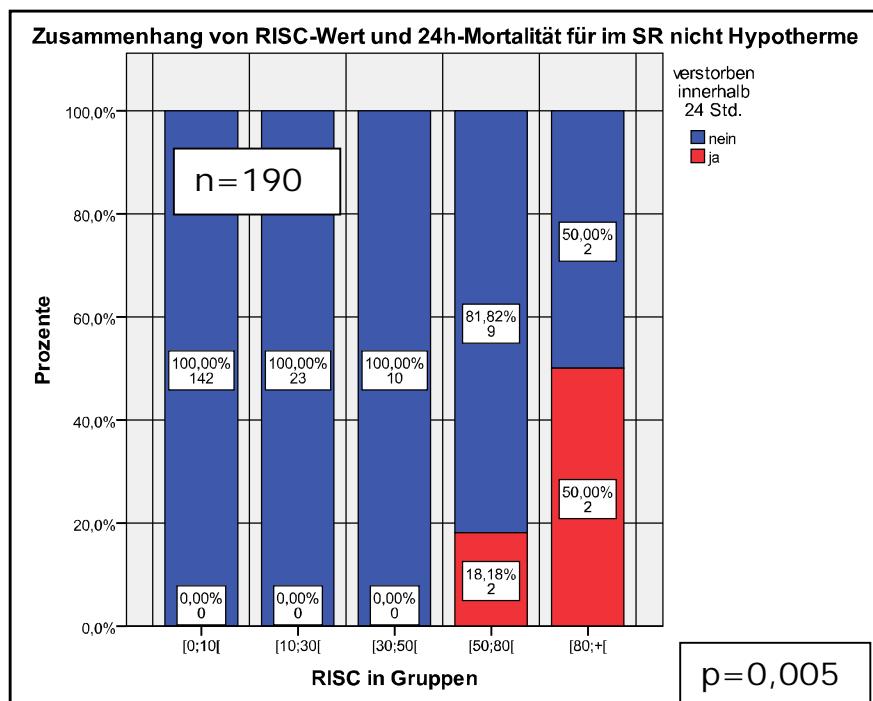


Abb. 117

Anzahl	verstorben innerhalb 24 Std.		Gesamt
	0	1	
RISC in Gruppen	[0;10[	142	0
	[10;30[	23	0
	[30;50[	10	0
	[50;80[	9	2
	[80;+[	2	2
Gesamt		186	4
			190

Tabelle 30: RISC in Gruppen \* verstorben innerhalb 24 Std. Kreuztabelle für im SR nicht Hypotherme

### 4.1.4.11.2 30-Tage-Mortalität

Auch zwischen der 30-Tage-Mortalität und der Körpertemperatur im Schockraum besteht ein mit  $p=0,001$  nach dem Chi-Quadrat-Test signifikanter Zusammenhang. Von den anfangs Unterkühlten verstarben 17,1%, während bei den nicht Unterkühlten 5,8% 30 Tage nicht überlebten. Siehe Abb. 118.

Unterteilt man auch hier in ISS <25 sowie ISS  $\geq 25$ , so findet man bei den leichter Verletzten Patienten unter 165 Verletzten 5 Todesfälle, alle bei initial Hypothermen, somit verstarben 9,8% der Hypothermen mit ISS <25. Diese Korrelation ist mit  $p=0,003$  signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test. Betrachtet man die Schwerstverletzten, so kam es unter 142 Patienten zu 26 Todesfällen, 15 davon bei initial Hypothermen. Damit beträgt die 30-Tage-Mortalität bei den nicht Hypothermen 14,5%, bei den Hypothermen 22,7%. Dies ist nicht signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test.

Unterteilt man die Verletzten nach dem RISC, so findet man auch hier bei den Hypothermen eine deutlich größere Letalität. Bei den initial Unterkühlten verstarben mit RISC 10-30 10%, mit RISC 30-50 44,4%, mit RISC 50-80 54,6% sowie mit RISC  $\geq 80$  78,8%. Bei den Hypothermen korrelieren RISC-Wert und 30-Tage-Mortalität nach dem Mann-Whitney-Test signifikant ( $p<0,001$ ,  $U=41$ ).

Bei den nicht Hypothermen verstarb kein Patient mit RISC < 50, mit RISC 50-80 54,6% sowie mit RISC  $\geq 80$  alle Verletzten. Auch hier hatten 87,2% der Verstorbenen einen ISS von mindestens 25. Bei den nicht Hypothermen hängen RISC-Wert und 30-Tage-Mortalität nach dem Mann-Whitney-Test ebenfalls signifikant zusammen ( $p<0,001$ ,  $U=25$ ). Vgl. Abb. 119 und 120 sowie Tabelle 31 und 32.

Weiterhin besteht nach dem Mann-Whitney-Test eine signifikante Relation zwischen Körpertemperatur im Schockraum und RISC-Wert ( $p<0,001$ ,  $U=3918$ ).

Insgesamt wurden 16 Patienten mit einer Körpertemperatur unter 34°C eingeliefert. Davon hatten 13 einen ISS vom mindestens 25. In dieser Gruppe verstarben sieben Verletzte innerhalb von 30 Tagen, ein weiterer später. Alle drei Verunfallten mit ISS von kleiner 25 überlebten.

## Ergebnisse

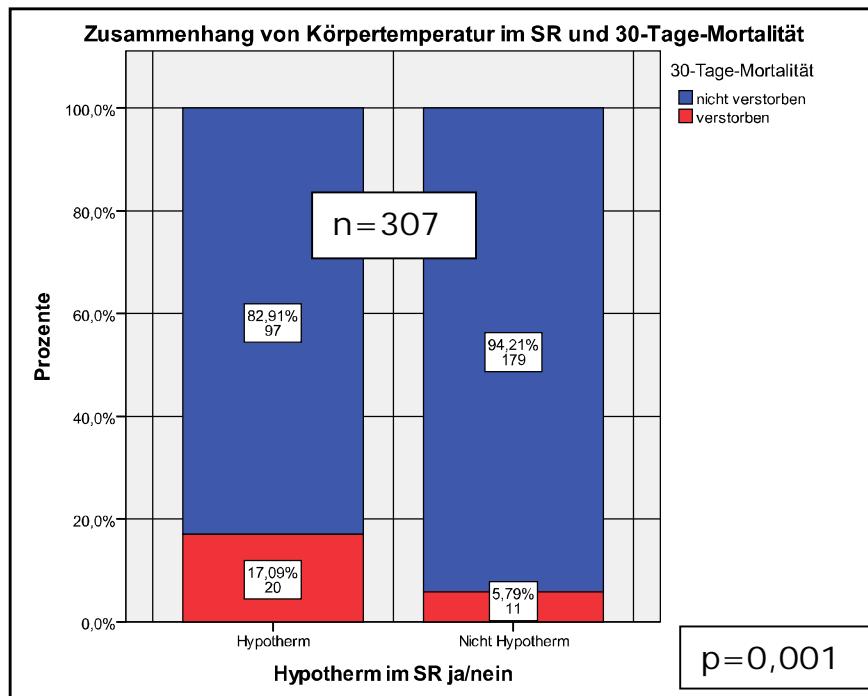


Abb. 118

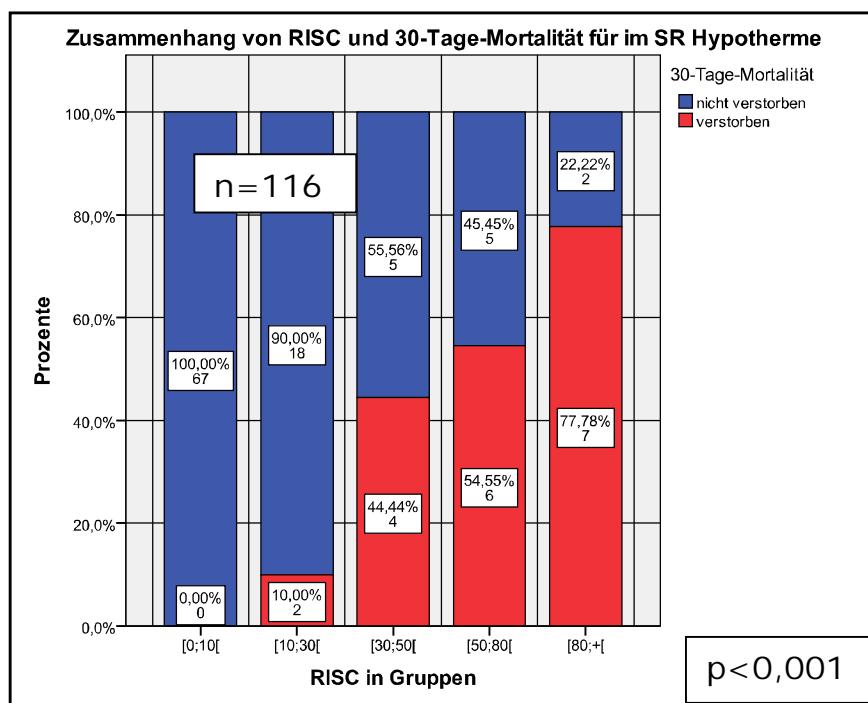


Abb. 119

## Ergebnisse

Anzahl	30-Tage-Mortalität		Gesamt
	0	1	
RISC in Gruppen	[0;10[	67	0
	[10;30[	18	2
	[30;50[	5	4
	[50;80[	5	6
	[80;+]	2	7
Gesamt		97	19
			116

Tabelle 31: RISC in Gruppen \* 30-Tage-Mortalität Kreuztabelle für im SR Hypotherme

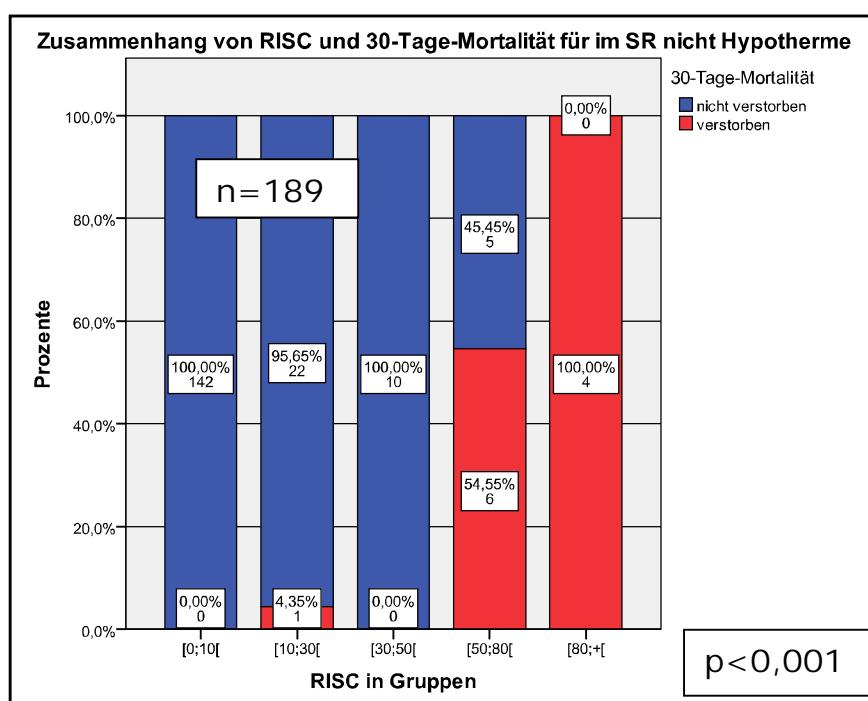


Abb. 120

Anzahl	30-Tage-Mortalität		Gesamt
	0	1	
RISC in Gruppen	[0;10[	142	0
	[10;30[	22	1
	[30;50[	10	0
	[50;80[	5	6
	[80;+]	0	4
Gesamt		179	11
			190

Tabelle 32: RISC in Gruppen \* 30-Tage-Mortalität Kreuztabelle für im SR nicht Hypotherme

#### 4.1.4.12 AIS-Kopf, GOS und Körpertemperatur im Schockraum

Hier lässt sich ein Zusammenhang zwischen AIS Kopf und Körpertemperatur im Schockraum, mit  $p=0,002$  nach Chi-Quadrat nach Pearson signifikant, finden. Insgesamt sind schwer am Kopf verletzte Patienten mit 48,1% zu 30,5% häufiger unterkühlt. Vgl. Abb. 121.

Weiterhin ist ihr Outcome nach GOS mit  $p<0,001$  bzw.  $U=7536$  nach dem Mann-Whitney-Test ebenfalls signifikant schlechter als für anfangs nicht Unterkühlte. Vgl. Abb. 122.

AIS Kopf und GOS korrelieren nach dem Mann-Whitney-Test außerdem signifikant ( $p<0,001$ ,  $U=8762$ ). Siehe Abb. 123.

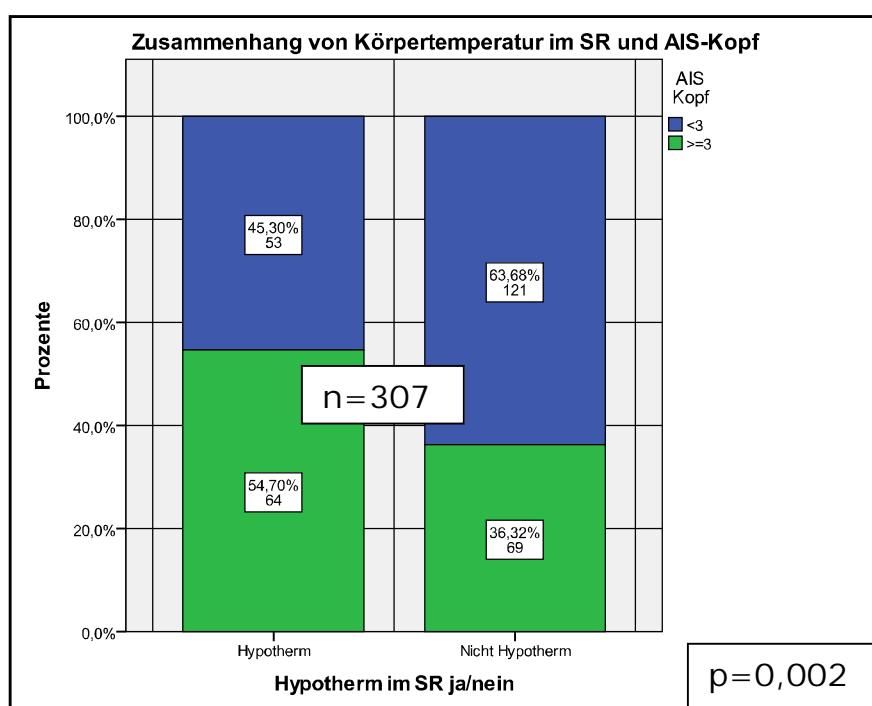


Abb. 121

## Ergebnisse

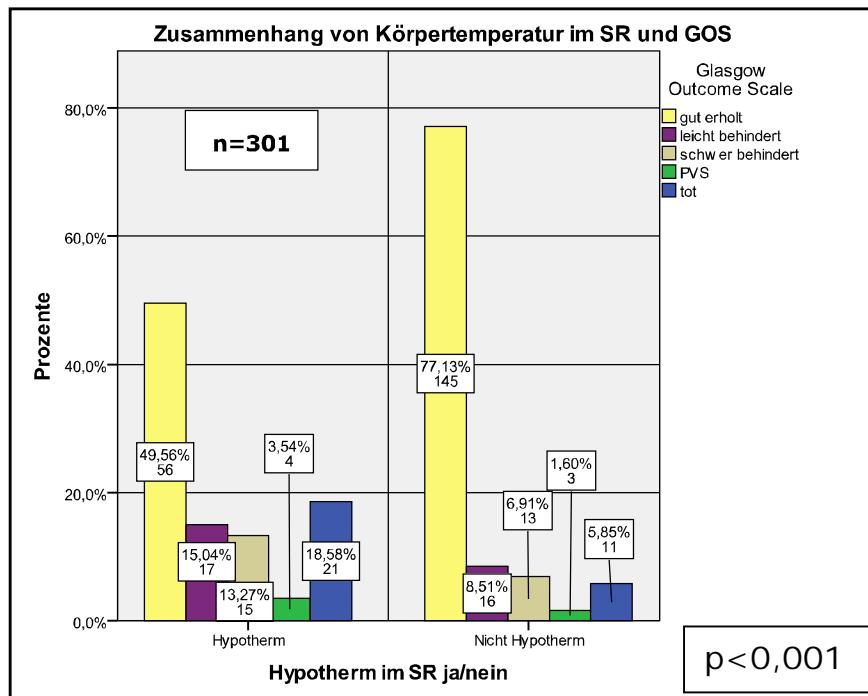


Abb. 122

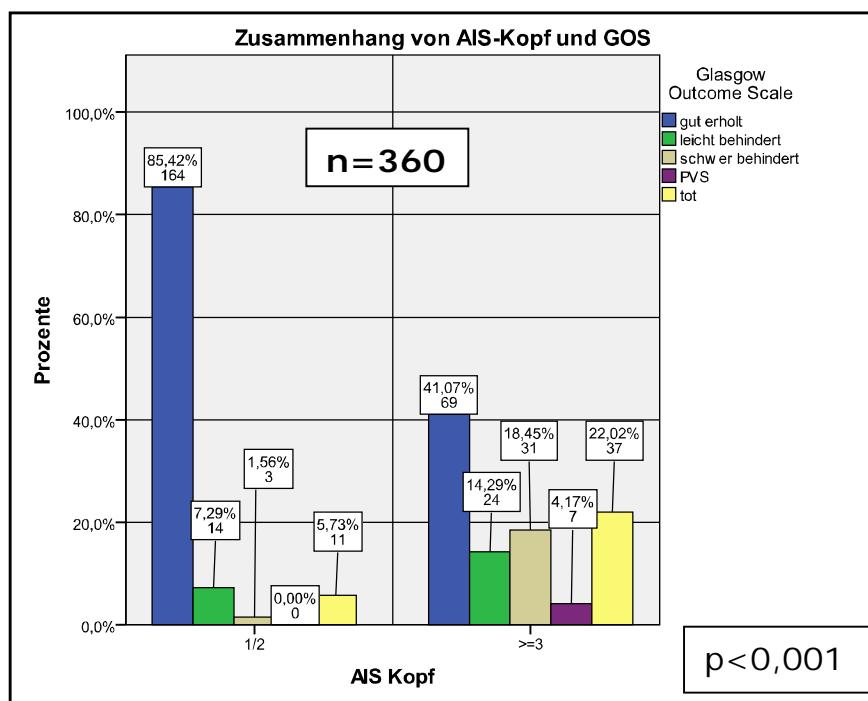


Abb. 123

## 5 Diskussion

### 5.1 Einleitung

Der vorliegenden Arbeit liegen die Daten von 396 Patienten zugrunde, die in das Universitätsklinikum Regensburg schwerverletzt eingeliefert wurden. Eingeschlossen sind die Daten aller Schockraumpatienten, welche potentiell intensivpflichtig waren, äquivalent zu den Einschlusskriterien des TraumaRegisters der DGU.

Die Patienten wurden anhand der tympanal gemessenen Temperatur bei Einlieferung in zwei ( $< 36^{\circ}\text{C}/\geq 36^{\circ}\text{C}$ ) bzw. drei Gruppen ( $< 36^{\circ}\text{C}/36-37,5^{\circ}\text{C}/>37,5^{\circ}\text{C}$ ) eingeteilt, wobei insgesamt 38,1% der Patienten bei Einlieferung eine Körpertemperatur von weniger als  $36^{\circ}\text{C}$  aufwiesen.

In diversen Studien wurden beim Polytrauma zwischen 12 und 66% Hypotherme gefunden.

So maßen Helm et al. bei 49,6% eine Temperatur unter  $36^{\circ}\text{C}$  im Schockraum, was einen um 11,5% höheren Anteil an Hypothermen Patienten als bei uns ergibt.[74]

Steinemann et al. stellten bei 173 Patienten mit ISS größer neun fest, dass 21% davon mit einer Temperatur unter  $35^{\circ}\text{C}$  im Krankenhaus ankamen. Sie erfassten allerdings nur Patienten ohne vorherige Gabe von Anästhetika, was möglicherweise das seltenerne Auftreten von Hypothermien erklären könnte, wobei eine Temperatur von  $35^{\circ}\text{C}$  und nicht  $36^{\circ}\text{C}$  als Grenzwert verwendet wurde.[75]

Luna et al. fanden bei 66% der Patienten eine erniedrigte Körperkerntemperatur. In dieser Studie wurden die Werte von 94 Intubierten Schwerstverletzten untersucht, was möglicherweise den, im Vergleich zu uns, höheren Anteil an Unterkühlten erklären könnte, da Intubierte auch bei uns mit 49,8% signifikant häufiger untermußt eingeliefert wurden.[24]

Somit liegt die bei uns gemessene Körpertemperatur in einem mit anderen Studien vergleichbaren Bereich.

Des Weiteren erfolgte in dieser Studie eine Unterteilung in zwei Gruppen anhand eines ISS-Wertes von  $<25$  bzw.  $\geq 25$ .

Bei dem ISS der Grundgesamtheit liegt der Median der Verunglückten bei 24, der Mittelwert bei 26,25. Dabei waren 51,2% leichter, 48,8% schwerer verletzt.

### 5.2 Körpertemperaturverlauf im Krankenhaus und Geschlecht

Bei Ankunft in der Notaufnahme waren 38,1% der Patienten hypotherm, 56,7% normotherm und 5,2% hatten eine erhöhte

## Diskussion

Temperatur. Bei der Auswertung zeigte sich, dass 70,5% aller polytraumatisierten Patienten männlich waren und 29,5% weiblich.

Die hohe Zahl männlicher Patienten könnte sich daraus erklären, dass sich ein Großteil der Verletzungen dieser Studie im Straßenverkehr und nach Stürzen ereignet hat. Männer nehmen prozentual häufiger am Straßenverkehr teil als Frauen. Zudem ist der Anteil von männlichen Personen, die gefährliche Arbeiten verrichten oder aber Risikosportarten ausüben, deutlich höher als bei Frauen. Möglicherweise ist auch die Risikobereitschaft bei Männern vergleichsweise höher ausgeprägt.[76]

Die Theorie, Frauen würden schneller frieren als Männer, ist hierzulande weitverbreitet. Somit stellt sich die Frage, ob Frauen nach schweren Unfällen tatsächlich schneller auskühlen als Männer.

Alles in allem waren 37% der Männer und 41,2% der Frauen unterkühlt im SR. In dieser Auswertung erfolgte dabei bekanntermaßen eine Unterteilung nach dem ISS in <25 und ≥25. Bei den leichteren Polytraumata findet sich, mit in je ca. 31% Unterkühlten, kaum ein Unterschied zwischen Männern und Frauen. Bei den Schwerstverletzten dagegen sind bei den Männern 43,0% und bei den Frauen 54,8% unterkühlt. Diese Differenz ist nicht signifikant, deutet aber trotzdem darauf hin, dass gerade in dieser massiven Stresssituation Frauen doch etwas schneller auskühlen. Dies wird vor allem unterstrichen durch die Signifikanz für den Geschlechterunterschied bei der Körpertemperatur bei ICU-Eintreffen. Siehe unten.

Dabei könnte es möglicherweise eine Rolle spielen, dass Frauen normalerweise eine geringere Muskelmasse haben als Männer, was eine geringere endogene Wärmeproduktion nach sich ziehen könnte.[24] Außerdem lag in dieser Studie der Medianwert des BMI bei Frauen mit 23,5 etwas niedriger als bei Männern mit 25. Möglicherweise haben auch dadurch Männer eine dickere wärmeisolierende Schicht sowie eine relativ größere Muskelmasse zur endogenen Wärmeproduktion. Allerdings korrelieren Körpertemperatur im SR und BMI nur tendenziell, aber nicht signifikant.

Weiterhin ist das Durchschnittsalter in der Gruppe der Leichtverletzten mit 37,6 Jahren ähnlich dem in der Gruppe der Schwerstverletzten mit 37,7 Jahren. Auch Männer und Frauen unterscheiden sich wenig im Durchschnittsalter. So liegt dieses bei den leichter Verletzten Männern bei 37,6 Jahren, bei den schwerer Verletzten Männern bei 38,9 Jahren, bei den leichter Verletzten Frauen bei 37,0 Jahren sowie bei den schwerer Verletzten Frauen bei 35,1 Jahren.

## Diskussion

Gregory et al. fanden keinen Unterschied im Anteil an Hypothermen zwischen Männern und Frauen.[77]

### **5.3 Körpertemperatur bei Einlieferung und Operationen**

Bei den Hypothermen im SR wurden mit 50,5% signifikant mehr Patienten vor Ankunft auf ICU operiert als bei den nicht Hypothermen mit lediglich 35,8%. Die bei Hypothermen häufig frühzeitig durchgeführten Operationen lassen sich möglicherweise wie folgt erklären: Hypotherme sind im Schnitt schwerer verletzt als nicht hypotherme Patienten. Schwerer Verletzte müssen öfter und eher operiert werden als leichter Verletzte. Damit könnte die größere Verletzungsschwere eine mögliche Erklärung dafür sein, dass hypotherme häufig schneller operiert werden als Normotherme.

Weiterhin könnte ein bestimmtes Verletzungsmuster zum einen eine Hypothermie begünstigen und zum anderen auch zu häufigeren Operationen führen. So fanden Hildebrand et al. 2009 besonders häufig eine Unterkühlung nach Extremitäten-, Becken- oder Abdomenverletzungen. Außerdem sei bei Verletzungen mit Blutung aus größeren Gefäßen häufiger eine Auskühlung festgestellt worden. [23] In unserer Studie wiesen 18,7% aller Patienten einen AIS-Abdomen von mindestens drei und 33,9% aller Verletzten einen AIS-Extremitäten von mindestens drei auf. Diese Verletzungsmuster ziehen tatsächlich signifikant häufiger Operationen nach sich. Auch eine Hypothermie tritt tendenziell ebenfalls häufiger auf. Der Zusammenhang zwischen Verletzungsmuster und Hypothermie ist jedoch in der Grundgesamtheit nicht signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test.

Ferner kann es beim Polytrauma zu einer hypothermieverstärkten Koagulopathie kommen, welche wiederum eine stärkere Blutungsneigung verursachen und so zu stärkerem Blutverlust führen kann. Dadurch würden vermehrt frühe Operationen und möglicherweise auch mehr explorative Eingriffe zur Detektion möglicher Blutungsquellen nötig.

### **5.4 Hypothermie im Verlauf des KH-Aufenthaltes**

In unserer Studie zeigte sich, dass die Körpertemperatur im SR und bei Eintreffen auf Intensiv signifikant zusammenhängt.

Man betrachtet somit die Entwicklung der Körpertemperatur von Patienten, die in die Notaufnahme hypotherm eingeliefert wurden. Von diesen kam auf Intensivstation noch etwas mehr als die Hälfte mit einer Temperatur von weniger als 36°C an. In der Gruppe mit ISS kleiner 25 waren es 48,8%, in der Gruppe mit ISS mindestens 25 59,3%.

Man stellt fest, dass unter den anfangs Hypothermen 50,5% operiert wurden, während 49,5% direkt auf ICU verlegt wurden. Betrachtet man deren Temperatur bei Eintreffen auf Intensiv, so findet man

## Diskussion

unter den Frühoperierten noch 36,2% und unter den Direktverlegten noch 72,3%. Somit konnten direkt auf ICU Verlegte Unterkühlte während der Schockraumphasen häufig nicht erwärmt werden, wohingegen im OP häufiger eine Wiedererwärmung gelang. Möglicherweise ist die Dauer der Schockraumversorgung zu kurz für eine ausreichende Wärmezufuhr.

Analog erfolgt die Untersuchung der Temperatur von anfangs nicht hypothermen Patienten, die dann auf Intensiv hypotherm aufgenommen werden. Abhängig vom ISS kamen 20% bei den leichteren bzw. 15,9% bei den schwereren Polytraumata hypotherm auf ICU an, obwohl sie im Schockraum eine Temperatur von mehr als 36°C hatten. Insgesamt waren 29,2% der Frühoperierten und 13,7% der direkt auf ICU verlegten untermochtelt, obwohl sie anfangs eine Temperatur über 36°C hatten. Somit kam es bei je 14 Patienten, die nur im Schockraum bzw. im Schockraum und im OP behandelt wurden, zu einer Auskühlung auf unter 36°C.

Bei Gregory et al. trat der größte Temperaturabfall im Schockraum ein und war signifikant größer als im OP.[77] Möglicherweise lässt sich dies durch die eingeschränkten Möglichkeiten der Wärmezufuhr im SR erklären, die durch die Behandlung entstehen.

In der Untersuchung von Hildebrand et al. wies die Hälfte aller Schwerverletzten bereits am Unfallort eine Temperatur unter 34°C auf. [30]

Auch Helm et al. stellten bei 50% der Patienten bereits am Unfallort bzw. während des Transportes eine Hypothermie fest. Sie bemerkten kaum klinische Indizien für eine Unterkühlung, lediglich 4,4% der Ausgekühlten shiverten.[74]

Luna et al. fanden in der Notaufnahme, im OP und auf Intensivstation eine Temperaturzunahme bei ihren Patienten, was für eine erfolgreiche Wärmetherapie spricht.[24]

Aus den bisherigen Ausführungen geht hervor, dass im UKR eine verbesserte Wärmetherapie, insbesondere im Schockraum von Nöten sein könnte.

Insgesamt muss jedoch festgehalten werden, dass in der vorliegenden Datenbank der Einsatz eines Warm Touch-Gerätes im SR bei lediglich 18 Patienten dokumentiert wurde, wovon nur 9 hypotherm waren. Nachdem postuliert werden darf, dass die Dokumentation dem tatsächlichen Geschehen entspricht, muss festgestellt werden, dass eine Wärmeapplikation im Schockraum bei wenigen Patienten erfolgt ist.

In unserer Grundgesamtheit liegen außerdem keine Daten zur Verwendung von Hot-Lines sowie angewärmten Infusionen vor, wobei in diesem Fall postuliert werden darf, dass standartmäßig nur erwärmte Infusionslösungen zur Anwendung kamen.

Gerade wegen des deutlich schlechteren Outcomes von Unterkühlten[24, 47, 77, 78], muss unbedingt gefordert werden, eine Hypothermie beim Polytrauma so weit wie möglich zu vermeiden bzw. diese so kurz wie möglich zu halten. In diesem Zusammenhang scheint eine Optimierung der Wärmezufuhr im SR dringend erforderlich. So kann die Wärmezufuhr bzw. der Wärmeerhalt beispielsweise über den standartmäßigen Gebrauch eines Warm-Touch-Gerätes, über Wärmelampen im SR oder eine höhere SR Raumtemperatur verbessert werden. Allerdings bleibt zu bedenken, dass der Einsatz eines Warm-Touch-Gerätes vermutlich schwer durchsetzbar sein wird. So sind die Phasen der Schockraumtherapie alle sehr kurz und unterbrochen durch häufige Umlagerungen des Patienten, z.B. zum Transport ins CT oder in den OP. Weiterhin sind Untersuchung (z.B. FAST-Sono oder Bodycheck) und Therapie durch eine notwendige Abdeckung eines Großteils der Körperoberfläche eingeschränkt. Der Einsatz eines Warm-Touch Gerätes ist daher im Schockraum nur bedingt möglich und schwer ohne Zeitverzögerung umzusetzen. Der Gebrauch von Wärmelampen wäre ideal, ist jedoch aus ökonomischer Sicht auch schwer durchzusetzen, da diese Variante der Wärmetherapie deutlich teurer wäre.

Zusätzlich wäre für zukünftige Untersuchungen interessant, die Wärmetherapie im OP noch mit zu erfassen. In dieser Studie ist dies nicht berücksichtigt worden.

### **5.5 Hypothermie im Verlauf des KH-Aufenthaltes abhängig vom Geschlecht**

Unterteilt man alle Verletzten abhängig von der Art der anfänglichen Weiterbehandlung, so lässt sich keine wesentliche Differenz im Hypothermieanteil zwischen den Patienten feststellen, die gleich auf Intensiv verlegt wurden und zu 31,4% unterkühlt waren, sowie solchen, die zunächst in den OP gingen und zu 33,3% hypotherm auf ICU ankamen. Für den Temperaturverlauf und die Auskühlungstendenz im Krankenhaus scheint allerdings das Geschlecht eine Rolle zu spielen. Im Schockraum kamen 37% der Männer und 41,2% der Frauen hypotherm an, es besteht hier kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern. Auf ICU dagegen wurde bei 27,2% der Männer, aber bei 43,5% der Frauen eine Temperatur von weniger als 36°C gemessen. Damit nimmt der Anteil der hypothermen Männer ab, während er bei Frauen zunimmt. Dieser Unterschied im Hypothermieanteil war signifikant ( $p=0,007$ ) und deutet so auf eine verstärkte Auskühlungstendenz im Krankenhaus bei Frauen hin.

Unter den anfangs Hypothermen, die auch hypotherm auf ICU ankamen waren 36 Männer und 20 Frauen. Die Temperaturen lagen

## Diskussion

zwischen 30,5°C und 35,9°C. Bei den Frauen und den Männern lag der Mittelwert jeweils bei 34,7°C.

Betrachtet man nur die anfangs Hypothermen mit ISS mindestens 25, so findet man bei den Frauen für die Schockraumtemperatur einen Median von 35°C, eine Standartabweichung von 1,73 sowie einen Mittelwert von 34,4°C. Für die Männer liegt der Median ebenfalls bei 35°C, allerdings der Mittelwert bei 34,9 und die Standartabweichung bei 0,84. Dies spricht dafür, dass es bei den unterkühlten Frauen mehr extrem Hypotherme gab, auch die niedrigste Körpertemperatur wurde bei einer Frau gemessen.

Bei der ICU-Temperatur lag bei den Frauen der Median bei 35,4°C, bei den Männern der Median bei 35,8°C. 55% der anfänglich unterkühlten schwerstverletzten Männer, aber 68,4% der anfänglich unterkühlten schwerstverletzten Frauen waren auf ICU noch immer unterkühlt, obwohl, wie gesagt, beide Geschlechter einen Median der Schockraumtemperatur von 35°C hatten.

Unter den anfangs nicht Hypothermen, die aber Hypotherm auf ICU ankamen waren 14 Männer und 14 Frauen, von denen je genau sieben früh operiert wurde und die sieben direkt auf ICU verlegt wurde. Dabei lagen die Temperaturen Bei Ankunft auf ICU zwischen 34,3°C und 35,8°C, der Mittelwert unterschied sich zwischen beiden Geschlechtern fast nicht.

Unterteilt man die Verletzten wieder abhängig von der Art der anfänglichen Weiterbehandlung und betrachtet Männer und Frauen getrennt, so stellt man fest, dass Männer, unabhängig von der Behandlung, zu knapp 30% unterkühlt sind, während Frauen deutlich häufiger hypotherm sind, wenn sie zuvor operiert wurden. So finden sich bei den direkt auf Intensiv Verlegten 39,2% sowie bei den früh Operierten 48,3% mit einer Körpertemperatur unter 36°C.

Diese Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern könnten folgendermaßen erklärt werden:

Grundsätzlich kühlen Frauen zwar nicht wesentlich häufiger aus als Männer, aber v.a. in massiven Stresssituationen des Körpers kommt es bei Frauen eher zu einer Unterkühlung als bei Männern. So sind schwerstverletzte Frauen etwas kühler als schwerstverletzte Männer. Operierte sind ebenfalls deutlich kälter. Weiterhin werden schwerstverletzte Frauen, die im Schockraum hypotherm waren, seltener wieder normotherm als Männer.

Möglicherweise könnte es dabei relevant sein, dass Frauen meist weniger Muskelmasse haben als Männer, was eine geringere endogene Wärmeproduktion nach sich ziehen könnte.[24] In dieser Studie lag der Medianwert des BMI bei Frauen mit 23,5 etwas niedriger als bei Männern mit 25. Außerdem könnte postuliert werden, dass Männer trotz der relativ geringfügigen Unterschiede im

BMI, deutlich mehr Muskelmasse haben als Frauen, was evtl. eine bessere Wärmeproduktion ermöglichen könnte. Vielleicht haben auch Männer eine dickere wärmeisolierende Schicht, wobei allerdings festgehalten werden muss, dass der Zusammenhang von Körpertemperatur und BMI nicht signifikant war. Möglicherweise haben Frauen auch eine geringere metabolische Reserve, die in massiven Belastungssituationen schneller ausgeschöpft ist, und werden so schneller anaerob.

### 5.6 Einflussfaktoren auf die Körpertemperatur im SR

#### 5.6.1 Verletzungsschwere

Alle Parameter in dieser Untersuchung, die die Verletzungsschwere eines Verunfallten beschreiben, stehen in einem signifikanten Zusammenhang mit der Körpertemperatur in der Notaufnahme. Dazu gehören ISS, NISS, GCS, RTS, TRISS-Score und RISC-Score. Je schwerer die Verletzungen sind, desto größer ist der Anteil an Hypothermen. Beispielsweise sind Patienten ab ISS 50 mit 61,1% bei Ankunft wesentlich öfter hypotherm als weniger schwer Verletzte.

Die große Mehrzahl aller Unfälle in dieser Studie sind Verkehrsunfälle mit 68,1% sowie Stürze mit 22,1%. Besonders schwer verletzt, mit hohen AIS-Werten, war dabei am häufigsten der Thorax, gefolgt von den Extremitäten sowie dem Kopf. Das lässt sich durchaus über den Unfallmechanismus im Straßenverkehr sowie bei Stürzen nachvollziehen.

Mögliche Erklärungen dafür könnten sein, dass zum einen schwere Verletzungen häufig Blutungen verursachen, die dann in einen hämorrhagischen Schock führen könnten. Dadurch käme es zu einer Blutdrucksenkung, welche dann eine Verminderung des Sauerstoffangebotes ans Gewebe nach sich ziehen würde. Damit käme eine anaerobe Stoffwechselsituation mit einer geringeren Wärmebildungsfähigkeit zustande, was eine verstärkte Auskühlung beim Schwerstverletzten verursachen könnte.

Außerdem könnten massivere Verletzungen zu einer verstärkten Stressreaktion im Körper führen, was ebenfalls eine Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs zur Folge hätte und auch so zügiger eine anaerobe Situation herbeiführen könnte. Eine Verminderung der Wärmeproduktion könnte so entstehen und zusammen mit einem verstärkten Wärmeverlust in eine Hypothermie münden.[24]

Es wird auch eine zentrale Sollwertherabsetzung für die Temperatur durch Hypotonie bzw. Hypovolämie diskutiert, die so zu einer geringeren Wärmeproduktion führen kann. Weiterhin können bei schweren Schädel-Hirn-Traumata auch die zentralen thermoregulatorischen Zentren verletzt werden, was dann auch zu einer mangelhaften Wärmeproduktion führen kann.[79, 80]

Die direkte Korrelation von Körpertemperatur bei Einlieferung und Verletzungsschwere ist auch in der Literatur unbestritten. Z.B. bemerkten Gregory et al., dass schlechtere Trauma Scorewerte signifikant häufiger mit Hypothermie assoziiert waren. Dabei war ein Trauma Score von weniger als 13 häufiger mit einer moderaten Hypothermie assoziiert, ein Trauma Score von weniger als 10 dagegen öfter mit einer ernsten Hypothermie. [77]

Ebenso zeigten Little et al., dass die Temperaturabnahme proportional zum ISS-Wert läuft.[80]

Auch Steinemann et al. stellten anhand 171 Patienten mit ISS größer neun fest, dass 21% davon mit einer Temperatur unter 35°C eingeliefert wurden, und dass diese schlechtere Trauma Scorewerte aufwiesen als Patienten mit höherer Körpertemperatur.[75]

Luna et al. sahen ebenfalls eine signifikante Verbindung zwischen ernster Hypothermie und ISS sowie Hypothermie und Überlebensrate. Patienten mit höherem ISS verstarben häufiger. [24]

### 5.6.2 Alter

In der Theorie lässt sich erwarten, dass kleine Kinder und ältere Verletzte am schnellsten auskühlen. Bei kleinen Kindern ist das Oberflächen-Volumen-Verhältnis deutlich größer als bei Erwachsenen und ihre isolierende Fettschicht ist dünner, was so eine Auskühlung erleichtert.[20, 21] Allerdings sind bei ihnen die thermoregulatorischen Prozesse gut funktionsfähig, was für eine effektive Gegenregulation bei Auskühlung spricht.[20] Neugeborenen fehlt dabei aber die Fähigkeit zum Shivering und braucht bis zu einem Alter von mehreren Jahren bis sie voll ausgebildet ist.[20, 21, 27] Bei älteren Patienten funktionieren generell die Kälteabwehrmechanismen, wie z.B. Vasokonstriktion, nicht mehr so gut und außerdem wird die Haut dünner, was eine geringere Isolierung nach sich ziehen könnte.[21],[31] In unserer Untersuchung kühlten ältere Patienten tatsächlich schneller aus. Sieben von neun Patienten in der achten und neunten Lebensdekade wurden unterkühlt ins Krankenhaus gebracht. Dabei waren alle Schwerstverletzten ausgekühlten. Die Gruppe ist sehr klein, was die Aussagekraft einschränkt, jedoch ist der Anteil an Hypothermen 77,7%, so dass von einem Einfluss des Alters ausgegangen werden kann. Die Tatsache, dass alle schweren Polytraumata ausgekühlten im Schockraum ankamen spricht zusätzlich für einen vermehrten Temperaturabfall unter extremem Stress.

Im UKR wurden wenige Kinder unter 10 Jahren behandelt. Drei von sieben, bei denen eine Temperaturmessung erfolgte, kamen dabei hypotherm an. Daher ist es schwierig genaue Aussagen zu treffen, es ließ sich aber keine erhöhte Auskühlungstendenz feststellen.

## Diskussion

In der Gruppe der Schwerstverletzten zwischen 30 und 40 Jahren erreichte mit 66,7% ein großer Anteil an Verletzten die Notaufnahme mit einer Temperatur unter 36°C, was physiologisch nicht erklärt werden kann und vielleicht als statistische Schwankung angesehen werden muss oder aber auf eine größere Schwere der Verletzungen zurückzuführen ist.

Weiterhin ist das Durchschnittsalter in der Gruppe der Leichtverletzten mit 37,6 Jahren ähnlich dem in der Gruppe der Schwerstverletzten mit 37,7 Jahren. Auch Männer und Frauen unterscheiden sich wenig im Durchschnittsalter. So liegt dieses bei den leichter Verletzten Männern bei 37,6 Jahren, bei den schwerer Verletzten Männern bei 38,9 Jahren, bei den leichter Verletzten Frauen bei 37,0 Jahren sowie bei den schwerer Verletzten Frauen bei 35,1 Jahren.

Auch Helm et al. identifizierten ein Alter von mindestens 65 als Risikofaktor für häufigeres Auftreten von Unterkühlung.[74]

Gregory et al. dagegen fanden keine Korrelation von Alter bzw. Körperoberfläche und Anteil an Unterkühlten.[77]

Luna et al. sahen, dass das Outcome bzw. die Überlebensrate der Patienten signifikant mit dem Alter korrelierte, fanden jedoch keinen Zusammenhang zwischen Temperatur in der Notaufnahme und Alter. Trotz ähnlicher anfänglicher Körperkerntemperaturen und ISS-Werten verstarben von den unter 60 Jährigen 30%, von den über 60 Jährigen 70%. [24]

### 5.6.3 BMI

Bei den Männern liegt der BMI im Mittel bei 27,6 sowie im Median bei 25, bei den Frauen im Mittel bei 24,2 sowie im Median bei 23,5. Sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen besteht kein wesentlicher BMI-Unterschied in beiden Verletzungsschweregruppen. Bei den Leichterverletzten ist der Anteil an Unterkühlten mit ca. 30% in allen BMI-Gruppen nicht nennenswert vom BMI abhängig. Bei den Schwerstverletzten besteht ebenfalls keine signifikante Korrelation, allerdings sind in der Gruppe mit BMI kleiner 20 66,7% hypotherm, in der Gruppe mit BMI über 30 nur 11,1% untermochtelt. Weiterhin lag aber auch in der Gruppe, in der der BMI zwischen 25 und 30 lag, bei 66,6% eine Körpertemperatur unter 36°C vor. Der BMI konnte lediglich bei 119 Patienten mit Temperaturwerten erhoben werden, daher gelingt es nicht, signifikante Unterschiede zu ermitteln.

Ein höherer BMI könnte die Auskühlung möglicherweise über eine dickere isolierende Fettschicht bzw. auch über eine größere Muskelmasse zur endogenen Wärmeproduktion reduzieren. Vielleicht erklärt dies den Sachverhalt, dass bei den Adipösen mit BMI über 30 von 19 Patienten nur 4 untermochtelt waren.

## Diskussion

Ein vermehrter Fettgehalt könnte freilich auch mit einer geringeren Kardio-vaskulären Belastbarkeit verknüpft sein. Die könnte dann nach Polytrauma schneller in eine anaerobe Stoffwechselsituation mit zügigem Temperaturabfall münden. Diese These lässt sich aber aus dieser Datenlage nicht bestätigen.

Winslow et al. fanden heraus, dass das Risiko für eine ungeplante perioperative Hypothermie bei Patienten mit  $\text{BMI} < 30$  höher ist als bei Patienten mit  $\text{BMI} \geq 30$ .[81]

### 5.6.4 Jahreszeit und Tageszeit

In beiden Verletzungsschweregruppen ( $\text{ISS} < 25/\text{ISS} \geq 25$ ) wurden in den kälteren Jahreszeiten vermehrt Patienten unterkühlt in die Klinik gebracht. Bei den leichter Polytraumatisierten kamen im Winter 40,0%, im Frühjahr 42,9%, im Herbst 25,6% und im Sommer mit 23,8% am wenigsten ausgekühlt an. Bei den Schwerstverletzten waren es im Winter 70,6%, im Frühjahr 52,9%, im Sommer 44,0% und im Herbst 32,0% hypotherm. Während des Sommerhalbjahres und im Dezember wurden zahlenmäßig die meisten Verletzten eingeliefert.

Bei den leichteren Verletzungen spielt die Tageszeit lediglich eine minimale Rolle, jedoch wurden bei den Schwerstverletzten nachts signifikant mehr Unterkühlte eingeliefert als tagsüber.

Als mögliche Erklärung kommt in Frage, dass die Umgebungstemperatur für die Auskühlung eine deutliche Rolle spielt. Ist es draußen kalt, so muss zur Wärmeerhaltung entweder eine stärkere endogene Wärmebildung erfolgen oder von außen, z.B. durch Decken oder andere Isoliermaßnahmen, der Wärmeverlust minimiert werden. Die Außentemperatur unterliegt Jahres- und Tagesschwankungen. In Deutschland beträgt die durchschnittliche Jahrestemperatur  $7,8^{\circ}\text{C}$ . Im langjährigen Mittel liegt sie im Frühjahr bei  $7,5^{\circ}\text{C}$ , im Sommer bei  $16,2^{\circ}\text{C}$ , im Herbst bei  $8,3^{\circ}\text{C}$  sowie im Winter bei  $-0,4^{\circ}\text{C}$ .[82] Weiterhin kommt es über den Tag zu einem Temperaturtagesgang mit einem Minimum in den frühen Morgenstunden bzw. um den Sonnenaufgang und einem Maximum nach dem Sonnenhöchststand am Nachmittag. Die Tagestemperaturamplitude ist im Sommer größer als im Winter und beträgt in Mitteleuropa über das Jahr zwischen  $3,4$  und  $8,9^{\circ}\text{C}$ .[83]

Somit wäre zu erwarten, dass gerade nachts und in kälteren Monaten vermehrt Hypotherme eingeliefert werden. Die metabolische Reserve zur Wärmebildung ist, wie oben erläutert, gerade bei den Schwerstverletzten eng begrenzt. Daher kühlen diese bei nicht ausreichender Wärmeerhaltung sehr leicht aus. Es könnte sein, dass in kalter Umgebung am Unfallort besonders im Winter auf ausreichende Wärmeerhaltungsmaßnahmen geachtet wurde, so dass der Wärmeverlust trotzdem weniger ausgeprägt ausfällt als zunächst erwartet. Für Patienten, die in der Nacht verunfallten, scheint dies

## Diskussion

nicht zuzutreffen, sie sind deutlich kühler. In dieser Studie wurde jedoch die genaue Umgebungstemperatur nicht miterfasst, hierzulande treten jedoch auch im Sommer häufiger Umgebungstemperaturen auf, die zu einer vermehrten Auskühlung des Patienten führen können, so dass sich auch dadurch die geringe Ausprägung der jahreszeitlichen Schwankungen der Körpertemperatur erklären lassen könnte.

Auch Gregory et al. fanden keinen Zusammenhang zwischen der Jahreszeit und dem Anteil an Hypothermen. Bei ihnen war die Hälfte aller Hypothermen im Sommer verunfallt. [77]

Helm et al. sahen in ihrer Studie mit 302 Patienten ebenfalls keine Abhängigkeit der Körpertemperatur von der Jahreszeit.[74]

Auch Luna et al. maßen im Durchschnitt eine Temperatur von 35°C ohne Abhängigkeit von der Jahreszeit.[24]

### 5.6.5 Zuverlegung

Während in der Gruppe der leichter Verletzten nur geringfügig mehr primär Eingelieferte unterkühlt waren, waren bei den Schwerstverletzten mit 50,0% signifikant mehr primär Eingelieferte hypotherm, als sekundär Zuverlegte mit 32,1%. Analysiert man nun Zuverlegungsdauer, so stellt man fest, dass mit zunehmender Zeitspanne bis zur Verlegung, unabhängig von der Verletzungsschwere, auch der Anteil der Unterkühlten leicht abnimmt.

Grundsätzlich erwartet und beobachtet man in dieser Studie, dass Patienten, die aus andern Häusern kommen weniger häufig unterkühlt sind als primär Gebrachte, weil möglicherweise mehr Zeit zwischen der Kälteexposition am Unfallort und der Ankunft im UKR liegt. In dieser Zeitspanne könnte der Patient, falls er anfangs hypotherm gewesen wäre, erwärmt bzw. entgleiste Stoffwechselvorgänge normalisiert werden. So könnten in der primären Klinik metabolische Probleme, wie Gerinnungsstörungen, zu niedriger Blutdruck oder eine anaerobe Stoffwechsellsage therapiert und damit die metabolische Reserve verbessert werden, um im Endeffekt die endogene Wärmebildungskapazität wieder zu erhöhen. Jedoch ist der Anteil der hypothermen Zuverlegungen mit 32,1% nach wie vor hoch, so dass weitere Erklärungen hinzugezogen werden müssen.

Allerdings zeigte sich auch in unserer Studie, dass einige Patienten im Schockraum, im OP bzw. auf dem Transport auf weniger als 36°C auskühlen, obwohl sie initial normotherm eingeliefert wurden. Somit könnten natürlich Patienten, die das primär versorgende Krankenhaus normotherm verlassen haben, auch auf dem Transport auskühlen. Weiterhin wäre genauso denkbar, dass anfänglich hypotherme im primären Krankenhaus nicht wiedererwärmten werden konnten oder

## Diskussion

dort erst auskühlten und deshalb unterkühlt ins UKR kamen. Nichts desto trotz ist der Anteil der hypothermen Patienten bei Zuverlegung geringer als bei primärer Ankunft.

Wiederum gilt, dass Schwerstverletzte wegen der geringeren Reserve anfangs eher auskühlen als leichter Verletzte. Dementsprechend war in der Gruppe der primär Eingelieferten der Anteil an Hypothermen bei den Schwerstverletzten größer als bei den leichter Verletzten.

In der Gruppe der sekundär Zuverlegten lag der Anteil an Hypothermen bei den Schwerstverletzten nicht wesentlich über dem der leichter Verletzten. D.h. es konnten offenbar Schwerstverletzte im primären Krankenhaus meist so konsequent stabilisiert werden, dass sie bei Ankunft in Regensburg nicht mehr hypotherm waren. Mit zunehmender Dauer bis zur Weiterverlegung nimmt der Anteil an normothermen Patienten zu.

### **5.6.6 Präklinische Dauer und technische Rettung**

Während sich für die leichter Verletzten kein eindeutiger Zusammenhang zwischen präklinischer Zeit und Hypothermie ergibt, kann für die Gruppe der Patienten ISS  $\geq 25$  ein Zusammenhang festgestellt werden. Mit zunehmender präklinischer Zeit wird der Anteil der Hypothermen in dieser Gruppe kontinuierlich größer.

Wie oben beschrieben, haben Schwerstverletzte eine geringere metabolische Reserve und sind somit bei einer längeren Kälteexposition anfälliger für Auskühlung als leichter Verletzte.[24]

Untersucht man die präklinische Dauer in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere, so werden die massiv verletzten Patienten eher schneller versorgt als die weniger schwer Betroffenen. In der Gruppe ISS mindestens 25 liegt der Median der präklinischen Zeit bei 75 Minuten, in der Gruppe ISS kleiner 25 bei 84 Minuten. Dies wiederum könnte daran liegen, dass der Notarzt am Unfallort bei den Schwerstverletzten einen möglichst zügigen Transport ins Krankenhaus anstrebt, während er bei leichter Verletzten vielleicht nicht so schnell vorgeht. Allerdings dauerte die Versorgung von Patienten mit ISS mindestens 57 deutlich länger, was für eine sehr schwierige Stabilisierung bei derart Schwerverletzten sprechen könnte. Bei den Patienten ab ISS 50 wurden im Median 4, im Mittel 3,9 Präklinische Maßnahmen ausgeführt. Bei 25%, also 4 von 16, dieser am schwersten Verletzten erfolgte eine technische Rettung.

Insgesamt liegt nach technischer Rettung der Anteil an Hypothermen signifikant höher als ohne technische Rettung. Es lässt sich jedoch nicht feststellen, dass Schwerstverletzte häufiger technisch gerettet werden als leichter Verletzte. Auch korreliert die Dauer der präklinischen Versorgung nur tendenziell mit der Durchführung einer technischen Rettung.

Auch in diesem Fall könnte die größere Anfälligkeit für Auskühlung bei größerer Verletzungsschwere eine Rolle für die Zunahme des Unterkühltenanteils in der Gruppe mit ISS mindestens 25 spielen. Vielleicht ist es hier auch relevant, dass der Patient im Auto sehr schlecht gewärmt werden kann und so auch die Gruppe mit ISS kleiner 25 schneller ausköhlt.

Ebenso sahen Helm et al. eine erhöhte Inzidenz von Hypothermie, bei Patienten mit „entrapment trauma“.[74]

Gregory et al. dagegen fanden keine Korrelation von Hypothermie, Art des Unfalls und Transportzeit.[77]

### **5.6.7 Transportart**

Patienten, die bodengebunden eingeliefert wurden, waren unabhängig von der Verletzungsschwere etwas häufiger hypotherm als mit dem Hubschrauber Transportierte. Der ISS lag im Median bei den luftgebunden Angekommenen um vier höher als bei den bodengebunden Angekommenen.

Damit sind luftgebunden transportierte Patienten schwerer verletzt und haben einen höheren ISS. Gründe dafür könnten sein, dass zum einen die meisten Zuverlegungen mit dem RTH erfolgten und der Hubschrauber nachgefordert werden kann, wenn vom primären Notarzt eine Indikation zur Versorgung in einem überregionalen Traumazentrum gesehen wird, auch wenn der Unfallort relativ weit entfernt liegt. Des Weiteren kann der RTH-Notarzt beim Anfall von mehreren Schwerstverletzten auf einmal oder bei Versorgungsschwierigkeiten des primären Notarztes hinzugezogen werden. Es zeigte sich allerdings, dass im Rettungshubschrauber eingelieferte Patienten seltener mit einer Körpertemperatur unter 36°C in die Notaufnahme kamen. Und dies, obwohl man erwarten würde, dass im Hubschrauber aufgrund von Platzmangel keine ausreichende Wärmeerhaltung durchgeführt werden kann und so die Patienten leichter auskühlen. Zudem liegt im Schnitt eine größere Verletzungsschwere als bei den bodengebunden Eingelieferten vor, so dass auch dies der Grund für die vermehrte Auskühlung der RTH-Patienten sein müsste. Weiterhin beträgt die Transportzeit bodengebunden im Median 15,5 Minuten bzw. im Mittel 19,7 Minuten sowie im RTH im Median 22 Minuten sowie im Mittel 22,7 Minuten. Außerdem betrug die präklinische Dauer insgesamt bodengebunden im Mittel 56,2 Minuten sowie im Median 53 Minuten bzw. luftgebunden im Mittel 67,3 Minuten sowie im Median 65 Minuten. Beides müsste allerdings auch für eine verstärkte Auskühlung in der Luft sprechen. Ferner zeigt sich auch, dass der Aufenthalt am Unfallort bei Transport mit dem RTH mit im Mittel 44,5 Minuten bzw. im Median 40 Minuten länger dauerte als bei bodengebundenem Transport mit im Mittel 35,3 Minuten sowie im Median 30 Minuten.

## Diskussion

Damit stellt sich die Frage warum trotzdem bodengebundene Patienten stärker ausgekühlt in die Notaufnahme kommen.

Ein eventueller Grund hierfür könnte vielleicht sein, dass der Wärmeerhalt im Krankenwagen eher vernachlässigt wird, wohingegen im RTH gerade wegen des Platzmangels besonders gut auf eine adäquate Abdeckung des Patienten geachtet wird.

Außerdem könnte es sein, dass auch leichter verletzte Patienten, bei denen keine zwingende Behandlungsindikation besteht, im Krankenwagen häufiger behandelt werden als im RTH, da im RTW mehr Platz dafür verfügbar ist. Somit kann kein permanenter Wärmeerhalt erfolgen und der Patient kühlt stärker aus.

### **5.7 Einflüsse der Temperatur auf den weiteren Verlauf**

#### **5.7.1 Vitalparameter**

Es findet sich hier ein hochsignifikanter Zusammenhang von präklinischem Blutdruck und der Körpertemperatur im SR. Initial hypotone Patienten waren zu 55,8% in der Notaufnahme unterkühlt, initial Hypertone nur zu 12%. Auch bei den Patienten, die präklinisch reanimiert werden mussten, ist mit 75% der Anteil an Hypothermen signifikant höher als bei den präklinisch nicht Reanimierten mit 38,8%.

Es bleibt zu analysieren, wie sich der Blutdruck auf die Körpertemperatur auswirkt. Dies lässt sich aus der Studie von Little et al. ableiten. Sie vermuten eine zentrale Beeinflussung der Temperaturregulation nach schwerem Trauma, weil sie bei sehr wenigen unterkühlten Schwerverletzten Shivering beobachten konnten, was die normale Reaktion auf eine Auskühlung wäre. Sie begründen dies mit der direkten Einwirkung von Hypotonie und Hypovolämie auf den Hypothalamus oder mit einer zentralen, noradrenergen Inhibition, was in beiden Fällen eine zentrale Sollwertverstellung nach sich ziehen würde.[80] Gestützt wird diese These durch Stoner et al., die im Tierexperiment bei schwerverletzten Ratten eine deutliche Absenkung der zentralen Temperaturregulationsschwellen nachweisen konnten.[79]

Zudem ist nachweisbar, dass initial hypotone Patienten, mehr Volumen verabreicht bekamen. Möglicherweise könnte so der Blutverlust mit zu kalter bzw. unzureichend gewärmer Infusionslösung ausgeglichen worden sein, was dadurch zu einer starken Körpertemperaturabnahme geführt haben könnte. So kann die Gabe von 2l Kristalloiden von 18°C einen Abfall der Körperkerntemperatur um 0,6°C verursachen.[25] Es ließ sich jedoch keine längere präklinische Zeit bei Hypotonen nachweisen, was ebenfalls eine Erklärung für eine Hypothermie gewesen wäre.

## Diskussion

Weiterhin sorgt der niedrige Blutdruck für ein geringeres Sauerstoffangebot im Gewebe. Seekamp et al. sehen in der Hypothermie ein Anzeichen für den zunehmend gestörten Metabolismus beim Polytrauma. Bedingt durch ein unzureichendes Sauerstoffangebot im Gewebe steige die Laktatkonzentration im Blut an, es entstehe eine anaerobe Stoffwechselsituation mit ATP-Mangel sowie dadurch eine deutlich reduzierte Wärmeproduktion mit sinkender Körpertemperatur.[84]

Bei initial Hypertonen wäre demnach das Sauerstoffangebot ans Gewebe deutlich höher als bei Hypotonen, was möglicherweise so die geringere Auskühlungstendenz erklären könnte, weil in dieser Situation noch eine verbesserte Wärmeproduktion stattfinden kann und es auch nicht zu einer zentralen Sollwertverstellung kommt.

Auch Jurkovich et al. zeigten, dass Patienten im Schockzustand wesentlich häufiger und auch stärker hypotherm waren als nicht Hypotone.[47]

Gregory et al. dagegen sahen keinen Unterschied im Blutdruck zwischen unterkühlt und nicht unterkühlt eingelieferten.[77]

Analog bleibt zu überprüfen, wie sich eine Unterkühlung auf den Blutdruck auswirken könnte. Möglicherweise ist hier die hypothermiebedingte Koagulopathie zu nennen, die die Koagulopathie, die bei auch bei normothermen Polytraumata besteht, potenzieren kann.[85] Der so entstandene Blutverlust könnte eine Hypotonie verursachen, die dann wiederum eine Hypothermie induzieren bzw. begünstigen kann.

Gentillelo et al. fanden keinen wesentlichen Unterschied zwischen schneller und weniger schnell wiedererwärmten Hypothermen im Herzauswurf sowie in hämodynamischen Parametern und Quick bzw. PTT. Allerdings differierten die beiden Gruppen beim Sauerstofftransport und Sauerstoffverbrauch.[78]

### 5.7.2 Volumengabe

In dieser Datenbank findet sich ein signifikant paralleler Verlauf zwischen präklinischer Volumengabe und dem Anteil an Hypothermen. Je mehr Volumen gegeben wurde, desto größer wurde der Anteil an Hypothermen.

Es besteht ebenso ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen Körpertemperatur im SR und Volumengabe in der Notaufnahme in dieser Studie. Hypotherme erhalten wesentlich mehr Volumen als nicht Hypotherme. Der Median der Unterkühlten liegt bei 1700 ml, der Median der nicht Unterkühlten bei 900 ml.

Damit stellt sich die Frage, wie Körpertemperatur im Schockraum und Transfusionsbedarf bzw. Hämostasetherapie in der Notaufnahme zusammenhängen. In beiden ISS-Gruppen, v.a. aber bei den

## Diskussion

Schwerstverletzten, sind unter den Hypothermen signifikant mehr EK-Transfusionspflichtige als unter den nicht Hypothermen. Bei der FFP-Gabe lässt sich dies ebenso signifikant bestätigen. Weiterhin lässt sich erkennen, dass Hypotherme signifikant häufiger in der Notaufnahme eine Hämostasetherapie erhielten, als nicht Hypotherme.

Zusätzlich könnte die Volumengabe die Körpertemperatur beeinflussen. Zum Einen natürlich, indem kalte Infusionslösung verabreicht wird. So kann, wie oben beschrieben, die Gabe von 2l Kristalloiden von 18°C einen Abfall der Körperkerntemperatur um 0,6°C verursachen.[25] Schwerstverletzte sind häufig weniger kreislaufstabil, was dann eine erhöhte Volumengabe nach sich ziehen und aus diesem Grund zu einer Auskühlung führen kann.

Zum Anderen könnte es sein, dass der Grund für eine vermehrte Flüssigkeitsgabe in einer zunehmenden Verschlechterung der Stoffwechselsituation zu sehen ist. Bei Schwerstverletzten tritt dies häufiger und ausgeprägter ein und kann einen erhöhten Flüssigkeitsbedarf durch Kreislaufinstabilität zur Folge haben. Dieses zunehmende metabolische Problem, könnte sich auch in einer Hypothermie durch inadäquate Wärmebildung äußern. Damit wäre aber nicht die größere Volumengabe der Grund für die Hypothermie, sondern sowohl die Hypothermie als auch die Volumengabe wären durch die zunehmende Verletzungsschwere erklärbar.

Zudem könnte die Körpertemperatur die Volumengabe bedingen. So könnte es sein, dass die polytraumabedingte Koagulopathie, potenziert durch die hypothermiebedingte Koagulopathie, einen wesentlich größeren Blutverlust in der Gruppe der Unterkühlten nach sich zieht und so deren Flüssigkeitsbedarf größer ist.[85] Winkler et al. kamen zu dem Ergebnis, dass Patienten mit einer Temperatur von 36,1°C intraoperativ signifikant mehr Blut verlieren als mit 36,6°C.[86] Gleichzeitig ist aber ein weniger kreislaufstabil Patient hypoton, was auch per se eine Hypothermie verursachen könnte. Auch dabei würden dann die Hypothermie und der Volumenbedarf nicht direkte Korrelatoren, sondern wären beide abhängig von der Verletzungsschwere und dem dadurch zu niedrigen Blutdruck.

Auch Steinemann und Kollegen stellten fest, dass Patienten, die mit einer Temperatur unter 35°C in der Notaufnahme ankamen, auf dem Transport mehr Volumen verabreicht bekamen als Patienten die eine Temperatur von mindestens 35°C hatten.[75]

Gregory et al. fanden ebenfalls unter den Patienten, die viel intravenöse Flüssigkeit bekommen hatten, einen signifikant erhöhten Anteil an Hypothermen. Wobei diese Patienten schwerer verletzt waren, aber die Volumengabe nicht groß genug war, um allein den gesamten Wärmeverlust erklären zu können.[77]

## Diskussion

Little et al. dagegen stellten keinen Einfluss von Art und Menge von i.v. Volumengabe auf den Anteil an Hypothermen fest, jedoch eine eindeutige Korrelation zwischen Körpertemperatur und ISS.[80]

Jurkovich et al. fanden heraus, dass mit zunehmender Gabe von kristalloider Infusionslösung auch der Anteil an unterkühlten Verletzten ansteigt. Betrachtet man nur die Patienten mit großer Volumengabe, so war die Überlebensrate bei den nicht Ausgekühlten deutlich besser als bei den Ausgekühlten.[47]

Luna et al. sahen einen parallelen Verlauf von ISS und Transfusionsbedarf sowie insgesamt einen deutlich erhöhten Transfusionsbedarf bei Hypothermen. So hatten Patienten, die mehr als 10 Transfusionen verabreicht bekamen, eine signifikant niedrigere Körperkerntemperatur. Außerdem starben in ihrer Studie deutlich mehr Patienten, die transfundiert wurden, als solche, die keine Transfusionen benötigten.[24]

Weiterhin stellten Gentillelo et al. fest, dass Hypotherme, die langsamer wiedererwärmten wurden, zur Kreislaufstabilisierung einen signifikant höheren Flüssigkeits- und Transfusionsbedarf in den ersten 24 Stunden aufwiesen, als Patienten, die schneller erwärmt wurden. Dabei war der Bedarf an Erythrozytenkonzentraten, FFPs, Thrombozytenkonzentraten und Kristalloiden erhöht.[78] Im Tierexperiment hatte sich gezeigt, dass nach der Wiedererwärmung die Gefäßpermeabilität zunimmt, was auch auf diese Weise einen höheren Flüssigkeitsbedarf nach sich zieht.[78]

### 5.7.3 Medikamente und Intubation

Unter präklinischer Analgesie, die bei Patienten, die nicht intubiert werden mussten, durchgeführt wurde, waren 40,4% hypotherm, ohne dagegen nur 16,7%. Auch eine präklinischen Intubation, die per se eine Analgesie beinhaltet, korreliert hochsignifikant mit der Hypothermie bei Einlieferung. So sind unter den leichter Verletzten Intubierten 49,9% unterkühlt, während unter den nicht Intubierten nur 11,5% mit einer Körpertemperatur unter 36°C in die Klinik kamen. Bei den Schwerstverletzten waren unter Intubation 50,5% hypotherm, wobei unter den nicht Intubierten nur 27,3% unterkühlt ins UKR kamen. Weiterhin werden Schwerstverletzte signifikant häufiger intubiert als leichter Verletzte.

Alles in allem führte so eine Analgesie zu einer leichten Verstärkung der Auskühlung, die jedoch nicht signifikant ist. Jedoch die Einleitung einer Narkose zu einer signifikanten Zunahme der Auskühlung.

Damit stellt sich die Frage nach den Ursachen dieser Auskühlung. Laut Kurz et al. verursacht das Verabreichen von Narkosemedikamenten, wie Opiaten, Propofol, Muskelrelaxantien oder volatilen Anästhetika, eine dosisabhängige Einschränkung der Temperaturkontrollmechanismen. Dabei kann die

## Diskussion

Regulationsschwelle, für zu hohe Temperaturen um 1°C heraufgesetzt, für zu niedrige Temperaturen sogar um bis zu 3°C heruntergesetzt werden.[21] Somit vergrößert sich das Intervall, in dem keine aktive Temperaturgegenregulierung erfolgt, auf bis zu 4°C, was zu drastischen Temperaturschwankungen sowie einer deutlich erhöhten Anfälligkeit für Unterkühlung führen kann.[21]

Weiterhin könnte die verstärkte Auskühlung unter Analgesie auch daran liegen, dass Schwerstverletzte, die nicht intubiert werden müssen, präklinisch häufiger und möglicherweise auch höher dosiert analgetisiert werden. Insgesamt wurden Schwerstverletzte zwar präklinisch etwas häufiger mit Analgetika behandelt als leichter Verletzte, wobei der Unterschied unwesentlich war, und die Auskühlung nur extrem unwahrscheinlich erklären kann. Zwischen 88,6% und 98,0% erhielten in den einzelnen ISS-Gruppen Schmerzmittel.

Außerdem könnte die deutlich höhere Hypothermie unter ITN auch dadurch bedingt sein, dass nicht Intubierte normalerweise bei Bewusstsein sind und äußern können, wenn ihnen kalt ist. Daher könnte so der Wärmeerhalt von außen eventuell verbessert werden.

In der Untersuchung von Little et al. dagegen zeigte sich kein Einfluss einer Analgesie auf den, in ihrer Studie deutlichen bestehenden Zusammenhang zwischen Körpertemperatur und ISS.[80]

### 5.7.4 Werte aus BGA und Labor

Im folgenden Kapitel soll die Korrelation zwischen Körpertemperatur im SR, Verletzungsschwere, Säure-Basen-Haushalt, Gerinnung und Hb-Wert dargestellt werden.

Der BE, das Laktat und der pH-Met sind Parameter, welche den Säure-Base-Haushalt widerspiegeln und das Ausmaß einer Störung beschreiben können, wie z.B. bei einer metabolischen Azidose.

Es besteht eine signifikante Relation zwischen Körpertemperatur im SR und BE. Anfangs Hypothermen haben häufiger negative BE-Werte als nicht Unterkühlte.

Im Gegensatz zum BE ist beim Laktat kein eindeutig signifikanter Einfluss zwischen Körpertemperatur im SR und erstem BGA-Wert festzustellen. Es ist bei den Hypothermen zwar ein größerer Anteil an Patienten mit erhöhtem Laktat zu erkennen, es liegt aber keine Signifikanz vor.

Beim pH-Wert finden sich bei den Hypothermen signifikant häufiger Erniedrigungen als bei den nicht Hypothermen. Auch bei den Schwerstverletzten mit erniedrigter Körpertemperatur wurden mehr erniedrigte pH-Werte gemessen, als bei nicht Hypothermen. Dieser Zusammenhang ist ebenfalls signifikant.

## Diskussion

Der Zusammenhang zwischen Quickwert und Schockraumtemperatur ist hochsignifikant. Bei den Hypothermen sind unabhängig vom ISS deutlich mehr Quickwerte stärker erniedrigt als bei den nicht Unterkühlten.

Es wurde unabhängig von der Verletzungsschwere bei Hypothermen signifikant häufiger eine verlängerte PTT festgestellt als bei nicht Unterkühlten. Auch hier ist bei den Schwerstverletzten der PTT-Wert öfter und auch stärker erhöht als bei den leichter Verletzten.

Die Körpertemperatur im Schockraum korreliert direkt mit dem Hb-Wert. Anfänglich Hypotherme hatten signifikant häufiger einen Hb-Wert unter neun mg/dl als nicht Hypotherme.

Nun stellt sich die Frage, wie sich der Einfluss der Körpertemperatur im Schockraum auf den Säure-Base-Haushalt bzw. die Gerinnungswerte und den Hb-Wert begründen lässt.

Allgemein bekannt ist, dass die Verletzungsschwere nach dem ISS und der Quick, die PTT bzw. der BE und der Hb-Wert signifikant korrelieren sowie der ISS und das Laktat und der pH tendenziell parallel verlaufen, jedoch nicht signifikant. Damit hat auch die Verletzungsschwere einen direkten Einfluss auf diese Säure-Basen-Haushalt-Parameter sowie die Gerinnungswerte und den Hb-Wert, wodurch das vermehrte Auftreten einer Hypothermie erklärt werden könnte.[44] Jedoch gibt es auch diverse Ansatzpunkte, wie eine Hypothermie im SR den Säure-Base-Haushalt, die Gerinnung und den Hb-Wert beeinflussen kann:

So kann eine Azidose, wie oben erläutert, in einer anaeroben Stoffwechselsituation durch ein zu geringes Sauerstoffangebot entstehen und so eine ausreichende endogene Wärmeproduktion verhindern. Auch daraus resultiert eine Hypothermie und es kommt wiederum zu einem vermehrten Anfall saurerer Stoffwechselprodukte, wie Laktat, und zu einer Abnahme der ATP-Konzentration im Plasma. Weiterhin wird der BE negativer sowie der pH niedriger. [44]

Außerdem kann eine metabolische Azidose eine Koagulopathie verstärken und so den Blutverlust erhöhen. Sie hemmt die Thrombinbildung in der Propagationsphase und fördert den Abbau von Fibrinogen. [36] Auch über diesen Mechanismus kann es dann zu einer Verstärkung der Hypothermie kommen.

Weiterhin kann es aber auch bedingt durch eine Hypothermie zu einer Alkalose kommen. Diese sind durch den Anstieg der Löslichkeit von Gasen im Blut in der Hypothermie zu erklären. Dadurch nimmt deren Partialdruck ab. Der Abfall des paCO<sub>2</sub> bei konstanter Bikarbonatkonzentration verursacht somit einen pH-Anstieg, also eine metabolische Alkalose.[25] Erst bei verschlechterter Kreislaufsituation, wenn das Sauerstoffangebot nicht mehr ausreicht, kommt es zur metabolischen Azidose. Daher ist gerade bei den

## Diskussion

weniger schwer Verletzten das Auftreten einer Alkalose nicht ungewöhnlich, was sich auch in unserer Studie zeigen ließ.

Gentillelo et al. stellten fest, dass, trotz anfänglich ähnlicher pH-Werte, unterkühlte, schwerverletzte Patienten, die schneller wiedererwärmten wurden, nicht so lange sauer blieben, wie Patienten, die langsamer wiedererwärmten wurden. Bei den schneller wiedererwärmten Patienten kam es meist zu einer zügigeren Laktatnormalisierung, während bei den langsamer Wiedererwärmten die Laktatkonzentration tendenziell noch anstieg.[78]

Der Einfluss der Körpertemperatur im Schockraum auf die Gerinnung könnte folgendermaßen erklärt werden: Wie bereits beschrieben kommt es beim Polytrauma häufig zu Gerinnungsstörungen. Diese entsteht zunächst durch eine Verlust-, eine Verbrauchs- sowie eine Dilutionskoagulopathie und wird durch Hypothermie, Azidose, Hypokalzämie, Anämie sowie Hyperfibrinolyse verstärkt.[33] Sowohl die Thrombozytenfunktion als auch die plasmatische Gerinnung sind dabei beeinträchtigt, was auch wieder zu einem erhöhten Verbrauch führen kann.

Laut Brohi et al. und Gonzales et al. wies der Quickwert eine gute Korrelation mit der Mortalität bei Polytraumapatienten auf.[87, 88]

Görlinger et al. stellten dabei fest, dass Fibrinogen als erster Gerinnungsfaktor auf kritische Werte absinkt.[33]

Eine mögliche Erklärung für die Beziehung zwischen Körpertemperatur im Schockraum und Hb-Wert könnte sein, dass der Hb-Wert ein Parameter ist, welcher beim Polytrauma anfänglich die Verdünnung und später dann den Blutverlust quantifizieren kann. Weiterhin korreliert der Hb-Wert direkt mit der Verletzungsschwere nach dem ISS.

Bei einer akuten Blutung kommt es zwar sofort zu einer Hypovolämie, aber erst verzögert zu einem verminderten Hb-Wert. Diese spätere Erniedrigung lässt sich zum einen durch Flüssigkeitsrückresorption aus dem Extravasalraum, zum anderen durch Volumengabe erklären.

Beim Polytrauma kommt es häufig zum Blutverlust, welcher dann, gerade bei den schwerer Verletzten, zu einer Kreislaufinstabilität mit anaerober Stoffwechselsituation führen kann. Daraus kann dann wieder, eine Hypothermie resultieren. In dieser Situation wäre dann auch der Volumenbedarf sehr wahrscheinlich erhöht, was eine vermehrte Dilution nach sich zöge und letztendlich in einen reduzierten Hb-Wert münden würde.

Außerdem kommt es sehr häufig beim Polytrauma zu einer Koagulopathie, die wiederum verstärkt werden kann durch Hypothermie und Azidose. Diese zieht erneut einen erhöhten Blutverlust nach sich, was dann eine zunehmende Hb-Erniedrigung zur Folge hat.

### **5.7.5 Liegedauer und Intubationstage**

Zwischen Körpertemperatur bei Einlieferung und Liegedauer im Krankenhaus findet sich eine nicht signifikante Korrelation. Im Median lagen jedoch Hypotherme drei Tage länger in der Klinik.

Untersucht man die Dauer des Intensivaufenthaltes und die Körpertemperatur in der Notaufnahme, so stellt man fest, dass Hypotherme signifikant länger auf Intensivstation lagen. Und zwar im Mittel 4,3 Tage sowie im Median zwei Tage.

Analysiert man die ICU-free-days, so sieht man, dass anfangs Hypotherme im Mittel 6,4 Tage sowie im Median 8 Tage länger auf Intensivstation behandelt wurden. In diesem Fall ist das Ergebnis hochsignifikant.

Schaut man sich die Intubationstage an, so waren Hypotherme signifikant länger, im Mittel 2,5 Tage sowie im Median einen Tag länger, intubiert. Unterkühlte mit ISS mindestens 25 waren am häufigsten intubiert und mussten vergleichsweise am längsten beatmet werden.

Wiederum muss man sagen, dass Hypotherme im Schnitt etwas schwerer verletzt sind bzw. eine Hypothermie ein Ausdruck einer schlechten physiologischen Konstellation sein kann. Daraus könnte dann auch resultieren, dass der Genesungsprozess verlängert ist und zwar bei den Schwerstverletzten besonders ausgeprägt.

### **5.7.6 Komplikationen**

Es findet sich kein direkter Zusammenhang zwischen anfänglicher Untertemperatur und Thrombose bzw. Embolie. Allerdings kam es ausschließlich bei Schwerstverletzten zu dieser seltenen Komplikation.

Aus der Physiologie der Hypothermie lässt sich aber auch nicht erwarten, dass vermehrt Thromboembolien auftreten könnten.

Ein Organversagen der Atmung steht nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson in einer signifikanten Beziehung zur Körpertemperatur im Schockraum. Hypotherme bekamen unabhängig von der Thorax-Verletzungsschwere eher ein Atmungsversagen.

Ein Atmungsversagen wird definiert durch den Quotienten  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ , der bei einem Organversagen kleiner als 200 mmHg sein muss.

Ab einer moderaten Hypothermie, die laut Lehrbuch zwischen 32 und 34°C liegt, nimmt die bronchiale Sekretion stark zu.[25, 30] Dies könnte den Gasaustausch akut stark verschlechtern und möglicherweise auch die Diffusionsschicht längerfristig verdicken. Es wäre denkbar, dass es dadurch im Verlauf eher ein Versagen entstehen kann. Weiterhin sind diese Grenzen vermutlich von Mensch zu Mensch sehr verschieden, so wäre durchaus auch schon bei höheren Körpertemperaturen mit einer verstärkten bronchialen

## Diskussion

Sekretion zu rechnen, die hier die erhöhte Inzidenz eines Atmungsversagens nach Hypothermie erklären könnte.

Außerdem kann es bei mechanischer Beatmung, z.B. bei erhöhtem Beatmungsdruck, bei Aspiration, bei Lungenkontusionen, beim Pneumo- oder Hämatothorax sowie bei anderen Thoraxverletzungen zu einer Lungenschädigung kommen, die in einem ARDS endet. Insgesamt hatten in dieser Studie 52,3% aller Patienten einen AIS-Thorax von mindestens drei.

Zu indirekten Lungenschäden kann es aber auch durch zu niedrigen pH-Wert oder im Kreislaufschok, im Sinne einer „Schocklunge“, kommen. Beides tritt häufiger beim schwerstverletzten Hypothermen auf erklärt die größere Inzidenz eines Lungenversagens beim hypothermen Polytrauma.

Auch für Körpertemperatur Schockraum und Organversagen des Herz-Kreislauf-Systems findet sich ein nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson signifikanter Bezug zur Körpertemperatur in der Notaufnahme. Hypotherme waren im weiteren Verlauf deutlich häufiger katecholaminpflichtig als nicht Unterkühlte. Ein Herz-Kreislaufversagen liegt dann vor, wenn mehr als 5 µg/kg\*min Dopamin oder Adrenalin bzw. Noradrenalin gegeben werden musste.

Zunächst bleibt aber wieder festzuhalten, dass die Hypothermie ein Ausdruck der ausgeschöpften metabolischen Reserve beim Polytrauma sein kann. So sind eher solche Patienten hypotherm, die insgesamt in einer kritischeren Situation sind. Instabile Patienten sind aber gleichzeitig auch diejenigen, die mit einem zu niedrigen Blutdruck kämpfen und dadurch Katecholamine bekommen. Dadurch könnte es bei Hypothermen leichter zu einem Herz-Kreislauf-Versagen kommen.

Weiterhin kann es beim Polytrauma auch durch einen spinalen Schock oder durch Blutungen zu einer Hypotonie kommen, welche dann im Endeffekt wieder eine Hypothermie nach sich zieht.

Nun steht ein Organversagen der Koagulation in einem nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson signifikanten Bezug zur Körpertemperatur bei Einlieferung. In der Gruppe mit ISS kleiner 25 kam es lediglich bei einem hypothermen Patienten zum Koagulationsversagen. In der Gruppe mit ISS mindestens 25 bekamen 15,3% der Hypothermen und nur 4,1% der nicht Ausgekühlten ein Koagulationsversagen. Ein Koagulationsversagen lag in dieser Studie vor, falls die Thrombozytenzahl unter 50.000 / mm<sup>3</sup> fiel. Damit wurde in diesem Fall der Einfluss der plasmatischen Gerinnung nicht berücksichtigt und auch die eventuell hypothermiebedingte Thrombozytenfunktionsstörung nicht erfasst. Wie oben erläutert, wäre aber auch die plasmatische Gerinnung und die Thrombozytenfunktion durch eine Koagulopathie beim Polytrauma,

## Diskussion

die durch Hypothermie massiv verstrtzt werden kann, deutlich betroffen. Die Koagulationsstrung kommt zunst durch eine Verlust-, eine Verbrauchs- sowie eine Dilutionskoagulopathie zustande und wird durch Hypothermie, Azidose, Hypokalzämie, Anämie sowie Hyperfibrinolyse verstrtzt.[33] Bis zu einer Körperkerntemperatur von 33°C scheint dabei v.a. die Thrombozytenadhäsion sowie deren Aggregation beeintrtigt zu sein, bei noch niedrigeren Temperaturen zusätzlich auch, in klinisch relevanter Weise, die plasmatische Gerinnung.[34] Durch die polytraumabedingte Gerinnungsstörung kann es aber auch zu einem vergrerten Blutverlust kommen, der dann wieder eine erniedrigte Thrombozytenzahl verursacht.

Weiter gibt es eine signifikante Verknüpfung zwischen Körpertemperatur im SR und AIS-Kopf bzw. Outcome nach GOS geben. In diesem Fall könnte sich der deutlich erhöhte Anteil an Hypothermen über eine Verletzung der zentralen Temperaturregulationsstrukturen erklären lassen. Somit könnte eine derartige Kopfverletzung auch eine Hypothermie verursachen.

Außerdem könnte es sein, dass schwer am Kopf Verletzte auch häufiger eine umfassend grere Verletzungsschwere aufweisen und auch dadurch einen greren Anteil an Hypothermen haben. Insgesamt hatten 46,1% aller Verletzten einen AIS-Kopf von mindestens drei.

Es besteht außerdem eine hochsignifikante Korrelation zwischen MOV und Körpertemperatur im Schockraum. 96 Verletzte, also knapp ein Drittel, erlitten ein MOV. Es gibt allerdings nur zu 76 MOV-Patienten gültige Krpertemperaturwerte. Ein Multiorganversagen liegt hier vor, wenn mindestens zwei Organe für wenigstens zwei Tage, einen SOFA-Score von drei oder vier haben. Das Multiorganversagen tritt aus den oben genannten Gründen ebenfalls hochsignifikant öfter bei Hypothermen auf.

Nun ist fraglich, wie ist die Vernetzung zwischen Körpertemperatur im Schockraum und Sepsis zu sehen ist. Als Sepsis wurde hier ein SIRS mit Keimnachweis definiert. 37 Personen bekamen wärend des Krankenhausaufenthaltes eine Sepsis. Obwohl nur bei 26 dieser 37 Sepsispatienten eine Temperatur in der Notaufnahme gemessen wurde, konnte ein hochsignifikanter Bezug zwischen Sepsis und anfänglicher Körpertemperatur aufgezeigt werden. Hypotherme wurden also deutlich häufiger septisch.

Eine Hypothermie scheint, einigen Studien zufolge, die Synthese von proinflammatorischen Zytokinen, wie IL-6, zu hemmen und die Bildung von antiinflammatorischen Zytokinen, wie IL-10, zu steigern. Vermutlich läuft dies über eine vermehrte Glukokortikoidproduktion sowie eine Reduktion deren Abbaus.[23] Dies kann eine proinflammatorische Reaktion im Körper verhindern und so eine

## Diskussion

damit verbundene Organschädigung dezimieren, aber ebenso zu einer Immunsuppression führen.[23, 28] Diese Immunsuppression könnte der Grund für das vermehrte Auftreten einer Sepsis sein.

Weiterhin korreliert auch hier die Verletzungsschwere signifikant mit dem Auftreten einer Sepsis, so dass auch vermutet werden kann, dass schwerer Verletzte vermehrt septisch wurden, was eventuell auch hier durch eine Reduktion der metabolischen Reserve erklärt werden könnte.

### 5.7.7 Mortalität und Outcome

Zwischen Hypothermen und nicht Hypothermen besteht ein signifikanter Zusammenhang in der 24-Stunden-Mortalität. Bei Hypothermen kommt es mit 10,3% wesentlich öfter zum Tod innerhalb von 24 Stunden als bei nicht Hypothermen mit 2,1%. 92% derer, die innerhalb von 24 Stunden starben, hatten einen ISS von größer 25.

Von den anfangs Unterkühlten verstarben 17,1% innerhalb von 30 Tagen, während es bei den nicht Unterkühlten 5,8% waren. Auch dieser Zusammenhang ist signifikant nach dem Chi-Quadrat-Test. Auch hier hatten 87,2% der Verstorbenen einen ISS von mindestens 25. Ebenfalls findet man bei der Untergliederung nach dem RISC ein deutlich häufigeres Versterben bei niedrigerem RISC in der Gruppe der Hypothermen.

Insgesamt wurden 16 Patienten mit einer Temperatur unter 34°C eingeliefert. Davon hatten 13 einen ISS vom mindestens 25. In dieser Gruppe verstarben insgesamt 8 Verunfallte, zwei in der ersten Stunde, drei weitere innerhalb von 24 Stunden, nochmal zwei innerhalb von 30 Tagen und ein zusätzlicher später. Alle drei Verunfallten mit ISS von kleiner 25 überlebten.

Auch in der Untersuchung von Gregory et. al verstarben sieben Patienten von 100 behandelten Schwerverletzten, wobei sechs davon bei Ankunft im Krankenhaus hypotherm waren. Dabei wurde in drei Fällen sogar eine Temperatur von unter 34°C gemessen. Außerdem wiesen sechs der Verstorbenen einen Trauma Score von höchstens acht auf.[77]

Wie oben beschrieben, kann die Hypothermie als Parameter gesehen werden, der die physiologische Situation des Patienten widerspiegelt. Gerade in der Frühmortalität könnte sich so die schlechte Verfassung mit einer erhöhten Letalität bemerkbar machen.

Offenbar ist aber auch die anfängliche Hypothermie mit der vermehrten Ausbildung von Komplikationen, wie Sepsis oder Organversagen assoziiert. Eine Hypothermie verringert die proinflammatorische Reaktion im Körper und kann so für eine gewisse Immunsuppression sorgen. Dies wiederum könnte sich in der erhöhten späteren Mortalität bemerkbar machen.

## Diskussion

Untermauert wird dies durch Luna et al., die bei Patienten, die im Verlauf verstarben, fanden, dass die Wiedererwärmungsdauer bis 36°C signifikant verlängert war und mehr als die doppelte Zeit in Anspruch nahm, wobei die verstorbenen im Durchschnitt eine 2°C kältere Ausgangstemperatur hatten.[24]

Gentilello et al. konnten in einer Studie mit 57 Patienten, die höchstens eine Körpertemperatur von 34,5°C hatten und unterschiedlich schnell wiedererwärmten wurden, nachweisen, dass Hypothermie die Mortalität als unabhängiger Faktor erhöht. Außerdem verstarben alle 14 Patienten, bei denen es nicht gelang die Körpertemperatur auf mindestens 36°C anzuheben.[78]

Die kritische Temperatur beim Polytrauma, die mit einer signifikanten Mortalitätszunahme verbunden ist, ist offenbar 34°C. Allerdings sind auch schon etwas höhere Temperaturen mit einer Koagulopathie verbunden.[74]

Jurkovich et al. untersuchten die Mortalitätsrate beim Polytrauma in Abhängigkeit von ISS und Grad der Unterkühlung anhand von 71 Fällen. Sie stellten eine signifikant erhöhte Mortalität bei den Unterkühlten fest und bezogen Patienten ab einem ISS von 25 in ihre Untersuchung mit ein. Sie fanden heraus, dass eine Körperkerntemperatur unter 32°C beim Polytrauma mit einer Mortalität von 100% einhergeht.[47]

Dies ließ sich bei uns allerdings nicht bestätigen, da bei uns einer der beiden Patienten, die mit einer Temperatur von unter 32,0°C im Schockraum eingeliefert wurden, überlebte. Bei dieser 82-jährigen Patientin wurde eine Temperatur von 29,4°C in der Notaufnahme gemessen, auf ICU kam sie mit einer Temperatur von 30,5°C an. Ihr ISS lag bei 41.

Insgesamt ist das Outcome anhand der GOS in beiden AIS-Kopf-Gruppen für anfangs Unterkühlte signifikant schlechter als für anfangs nicht Unterkühlte. Außerdem ist die Prognose für Schwerstverletzte schlechter.

Zum einen kann eine Temperaturregulationsstörung wieder wie zuvor durch eine massive Verletzung mit Kreislaufinsuffizienz und letztendlich anaerober Stoffwechselsituation erklärt werden, welche natürlich auch negative Auswirkungen auf die Prognose hat und so zu einem schlechten GOS-Wert führen kann.

Weiterhin ist der GOS-Wert nach Schädel-Hirn-Trauma besonders schlecht. Eine zentrale Thermoregulationsstörung könnte aber auch mit einer Verletzung der dafür zuständigen Strukturen einher gehen und so nach Hypothermie im Schockraum vermehrt schlechte GOS-Werte hervorrufen.

Zusätzlich könnten schlechtere GOS-Werte auch nach Komplikationen, wie Organversagen oder Sepsis auftreten. Diese sind

## Diskussion

nach anfänglicher Unterkühlung häufiger und könnten so eine Erklärung für die verschlechterten GOS-Werte nach Hypothermie liefern.

Dabei stellt sich natürlich die Frage, warum es in vielen anderen Situationen sinnvoll und neuroprotektiv sein kann, zu kühlen. Es wäre zu erwarten, dass beim schweren Schädel-Hirntrauma mit Ödembildung eine neuroprotektive Wirkung durch Kühlen zu erreichen ist, jedoch scheint die negative Auswirkung auf den Organismus beim Schwerstverletzten zu überwiegen und damit eine Verschlechterung des Outcomes zu bewirken. Es bleibt jedoch offen, ob es in Zukunft doch sinnvoll sein könnte eine Kühlung beim isolierten SHT in Erwägung zu ziehen. Siehe unten.

### 5.8 Ausblick

Wie immer in der Medizin, stellt sich auch hier die Frage, ob die Hypothermie in bestimmten Situationen auch beim Polytrauma positive Auswirkungen haben kann.

Polderman et al. finden einen positiven Effekt einer induzierten Hypothermie von 32-34°C bei schweren Schädel-Hirn-Verletzungen. Die Mortalitätsrate der Hypothermen war signifikant niedriger als in der Kontrollgruppe, obwohl die Hypothermen im Durchschnitt etwas schwerer verletzt waren. Auch das neurologische Outcome war bei den hypothermen Patienten deutlich verbessert.[89]

Außerdem finden einige Autoren, wie z.B. Takasu, einen positiven Effekt der Hypothermie durch Verlängerung der „golden hour“ beim Polytrauma im unkontrollierten hämorrhagischen Schock. Organdysfunktionen durch Sauerstoffmangel können so abgewendet werden und die proinflammatorische Reaktion im Körper abgeschwächt werden. Das Überlebensintervall bei einer letalen Blutung war unter Hypothermie nahezu doppelt so lange wie unter Normothermie. Eine Organischämie und deren Folgen konnten deutlich hinausgezögert werden, allerdings kann es durch die reduzierte proinflammatorische Reaktion zu einer Immunsuppression mit erhöhter Komplikationsrate kommen.[90]

Auch Leonov et al. leiteten eine Verlängerung der „golden hour“ beim Schock aus ihrer Untersuchung an Ratten ab.[91]

Im Gegensatz dazu finden Clifton et al. in einer großen klinischen Studie mit 392 Patienten keinen Unterschied im Outcome bei schwerem Schädel-Hirn-Trauma zwischen einer Hypothermie von 33°C und einer normalen Körpertemperatur. Hypotherme Patienten hatten dabei mehr Krankenhaustage mit Komplikationen, aber dafür war bei weniger Hypothermen der intrakranielle Druck erhöht.[92]

Seekamp et al. fanden einen positiven Effekt der Hypothermie in Abhängigkeit vom ATP-Level im Plasma. Anscheinend sind die Komplikationen und das negative Outcome von unterkühlten

## Diskussion

Polytraumapatienten mit einem erhöhten ATP-Verbrauch, vermutlich v.a. durch insuffiziente Wärmeproduktion, und einer daraus resultierenden anaeroben Stoffwechselleage assoziiert. Dagegen verringert eine elektiv-induzierte Hypothermie die ATP-Vorräte offenbar nicht wesentlich und zieht so auch keine anaerobe Situation nach ziehen. Niedriges ATP-Plasmalevel in Kombination mit Hypothermie sind allem Anschein nach ein Prädiktor für eine erhöhte Komplikationsrate sowie häufigeres Organversagen. Das niedrigste ATP-Plasmalevel fand sich bei den besonders schwer Verletzten mit einer Körpertemperatur unter 34°C und bei erhöhten Laktatwerten.[84]

In aktuellen Diskussionen stellt sich ferner die Frage, ob Hypothermie als unabhängiger Faktor für Komplikationen, wie Organversagen und erhöhte Mortalität gesehen werden kann.[30]

Diverse Autoren sehen die Hypothermie als Folge eines zunehmend gestörten Metabolismus beim Polytrauma. [23] [24]

Little et al. vermuten eine zentrale Beeinflussung der Temperaturregulation nach schwerem Trauma, da sie bei sehr wenigen unterkühlten Schwerverletzten Shivering beobachten konnten, was die normale Reaktion auf eine Auskühlung wäre. Eine mögliche Erklärung ist für sie die direkte Einwirkung von Hypotonie und Hypovolämie auf den Hypothalamus oder eine zentrale noradrenerge Inhibition.[80]

Gestützt wird diese Theorie durch Stoner et al., die im Tierexperiment bei schwerverletzten Ratten eine deutliche Absenkung der zentralen Temperaturregulationsschwellen nachweisen konnten.[79]

Takasu et al. bemerkten im Tierversuch einen positiven Effekt der Hypothermie beim unkontrollierten hämorrhagischen Schock. Das Überlebensintervall bei einer letalen Blutung war unter Hypothermie nahezu doppelt so lange wie unter Normothermie. Eine Organischämie und deren Folgen konnten deutlich hinausgezögert werden.[90]

### 5.9 Zusammenfassung

Es bleibt festzuhalten, dass eine Hypothermie beim Polytrauma häufig auftritt und derzeit insgesamt zu einer deutlichen Verschlechterung der Prognose führt. Es lässt sich eindeutig feststellen, dass schwerer Verletzte häufiger und stärker hypotherm sind als leichter Verletzte. In dieser Studie kühlen Frauen signifikant leichter aus und sind offenbar langsamer wieder zu erwärmen als Männer. Außerdem scheinen Alter, Volumengabe, ITN, Medikamente, Verletzungsschwere, Transportart, technische Rettung, Zuverlegung, Vitalparameter sowie BGA- und Laborwerte eine Hypothermie zu begünstigen. Es findet sich bei Unterkühlten eine höhere Komplikationsrate, eine längere Liegedauer im Krankenhaus und auf

## Diskussion

ICU sowie eine längere Intubationsdauer. Auch die Überlebensrate und das Outcome sind schlechter als bei den nicht Hypothermen. Es sind sicherlich noch weitere Untersuchungen angezeigt, um endgültig festzustellen, ob die Hypothermie bei schwerverletzten Patienten als unabhängiger Faktor für eine Prognoseverschlechterung gesehen werden kann. Die möglichst frühzeitige Wärmeerhaltung sowie eine konsequente Wiedererwärmung präklinisch und in der Notaufnahme scheint dabei während der Polytraumaversorgung absolut angezeigt zu sein. Auch bleibt zu klären ob eine Hypothermie nicht doch in einigen Situationen, z.B. bei Schädelverletzungen oder einem hämorrhagischen Schock, zu einer Prognoseverbesserung beitragen könnte. Dafür sind weitere große Studien erforderlich.

## 6 Anhang

### 6.1 Literaturverzeichnis

1. Robert-Koch-Institut, Steffens Ines, and F. Sylvia, *Epidemiologisches Bulletin*. 2004: Berlin.
2. Schwerer Unfall bei Großberg. [cited; Available from: [http://www.staudingerpressefoto.info/resources/\\_wsb\\_379x252\\_grossberg.jpg](http://www.staudingerpressefoto.info/resources/_wsb_379x252_grossberg.jpg)].
3. WHO, Peden, Margie, et al., *World report on road traffic injury prevention*. 2004: Geneva.
4. Unfallchirurgie, D.G.f., *Das Traumaregister der DGU*. 2005.
5. Jacobs G, Aaron-Thomas A, and A. A, *Estimating global road fatalities*. 2000.
6. Straßenwesen, B.f., *Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland*. 2006.
7. Trentz, O., et al., [Criteria for the operability of patients with multiple injuries (author's transl)]. *Unfallheilkunde*, 1978. **81**(6): p. 451-8.
8. Sektion NIS der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie , D., *Jahresbericht 2008*. 2008.
9. Mock, C.N., et al., *Trauma outcomes in the rural developing world: comparison with an urban level I trauma center*. J Trauma, 1993. **35**(4): p. 518-23.
10. Mock, C., et al., *Strengthening trauma systems globally: the Essential Trauma Care Project*. J Trauma, 2005. **59**(5): p. 1243-6.
11. Jat, A.A., et al., *Peer review audit of trauma deaths in a developing country*. Asian J Surg, 2004. **27**(1): p. 58-64.
12. Stewart, R.M., et al., *Seven hundred fifty-three consecutive deaths in a level I trauma center: the argument for injury prevention*. J Trauma, 2003. **54**(1): p. 66-70; discussion 70-1.
13. Ruchholtz, S., et al., *Rückgang der Traumatalität*. Deutsches Ärzteblatt, 2008. **105**(13): p. A-10225.
14. Kirchberg, P., *Fußverletzungen bei PKW-Frontinsassen: Eine Analyse des GIDAS-Datenbestandes*, Med. Diss. 2010.
15. Otte, D. and Brunner, *Unfallerhebungen von Ort Dresden und Hannover*. 2006.
16. Ernstberger, A., *Verletzungsinzidenz von PKW-Insassen älterer und neuerer Automobile im Realunfall*, med.Dissertation. 2008.
17. Haas, N.P., [Recommendations for structure, organization and outfitting preclinical and clinical patient care in trauma surgery

- departments of German hospitals]. Unfallchirurg, 1997. **100**(1): p. 2-7.*
18. Ruchholtz, S., *Über 100 Kliniken auditiert – TraumaNetzwerkD DGU schreitet voran*. 2009.
19. DGU, D.G.f.U., *Weißbuch Schwerverletztenversorgung*. 2006: Berlin.
20. Thews, G. and P. Vaupel, *Vegetative Physiologie*. 5 ed. 2005, Mainz.
21. Kurz, A., *Physiology of thermoregulation*. Best Pract Res Clin Anaesthesiol, 2008. **22**(4): p. 627-44.
22. Striebel, H.W., *Anästhesie Intensivmedizin Notfallmedizin*. 2009.
23. Hildebrand, F., et al., *[Importance of hypothermia in multiple trauma patients]*. Unfallchirurg, 2009. **112**(11): p. 959-64.
24. Luna, G.K., et al., *Incidence and effect of hypothermia in seriously injured patients*. J Trauma, 1987. **27**(9): p. 1014-8.
25. Hohlrieder, M., et al., *[Management of accidental hypothermia]*. Anaesthetist, 2007. **56**(8): p. 805-11.
26. Kobbe, P., et al., *[Impact of hypothermia on the severely injured patient]*. Unfallchirurg, 2009. **112**(12): p. 1055-61.
27. Zelle, B., et al., *[Validation of the Hannover Score for Polytrauma Outcome (HASPOC) in a sample of 170 polytrauma patients and a comparison with the 12-Item Short-Form Health Survey]*. Chirurg, 2003. **74**(4): p. 361-9.
28. Mizushima, Y., et al., *Restoration of body temperature to normothermia during resuscitation following trauma-hemorrhage improves the depressed cardiovascular and hepatocellular functions*. Arch Surg, 2000. **135**(2): p. 175-81.
29. Rosomoff, H.L. and D.A. Holaday, *Cerebral blood flow and cerebral oxygen consumption during hypothermia*. Am J Physiol, 1954. **179**(1): p. 85-8.
30. Hildebrand, F., et al., *Pathophysiologic changes and effects of hypothermia on outcome in elective surgery and trauma patients*. Am J Surg, 2004. **187**(3): p. 363-71.
31. Polderman, K.H., *Induced hypothermia and fever control for prevention and treatment of neurological injuries*. Lancet, 2008. **371**(9628): p. 1955-69.
32. Mikhail, J., *The trauma triad of death: hypothermia, acidosis, and coagulopathy*. AACN Clin Issues, 1999. **10**(1): p. 85-94.
33. Waydhas, C. and K. Gorlinger, *[Coagulation management in multiple trauma]*. Unfallchirurg, 2009. **112**(11): p. 942-50.
34. Wolberg, A.S., et al., *A systematic evaluation of the effect of temperature on coagulation enzyme activity and platelet function*. J Trauma, 2004. **56**(6): p. 1221-8.
35. Watts, D.D., et al., *Hypothermic coagulopathy in trauma: effect of varying levels of hypothermia on enzyme speed, platelet*

- function, and fibrinolytic activity.* J Trauma, 1998. **44**(5): p. 846-54.
36. Martini, W.Z., *Coagulopathy by hypothermia and acidosis: mechanisms of thrombin generation and fibrinogen availability.* J Trauma, 2009. **67**(1): p. 202-8; discussion 208-9.
37. Johnston, T.D., Y. Chen, and R.L. Reed, 2nd, *Functional equivalence of hypothermia to specific clotting factor deficiencies.* J Trauma, 1994. **37**(3): p. 413-7.
38. Schöchl, H. and C. Jámbor, *Hyperfibrinolyse bei traumatischer Massivblutung* Wiener Klinisches Magazin, 2009.
39. Kirkpatrick, A.W., et al., *Hypothermia and the trauma patient.* Can J Surg, 1999. **42**(5): p. 333-43.
40. Luftrettung, D. *Die Station Regensburg in Bayern.* [cited; Available from: <http://www.drf-luftrettung.de/station-regensburg.html>].
41. DGU, D.G.f.U. and S. Ruchholtz. *TraumaNetzwerkDGU.* 2011 [cited; Available from: <http://www.dgu-traumanetzwerk.de>].
42. Regensburg, U. *TraumaNetzwerk Ostbayern am Universitätsklinikum Regensburg* 2010 [cited; Available from: <http://www.uniklinikum-regensburg.de/zentren/traumanetzwerk-ostbayern/index.php>].
43. Lefering, R., *Jahresbericht 2010.* 2010.
44. Östern, H.-J. *Das Polytrauma.* 2008.
45. Wade, C.E., et al., *Admission hypo- or hyperthermia and survival after trauma in civilian and military environments.* Int J Emerg Med. **4**(1): p. 35.
46. Tsuei, B.J. and P.A. Kearney, *Hypothermia in the trauma patient.* Injury, 2004. **35**(1): p. 7-15.
47. Jurkovich, G.J., et al., *Hypothermia in trauma victims: an ominous predictor of survival.* J Trauma, 1987. **27**(9): p. 1019-24.
48. Danzl, D.F., et al., *Multicenter hypothermia survey.* Ann Emerg Med, 1987. **16**(9): p. 1042-55.
49. Östern, H.-J., *Das Polytrauma.* 2008.
50. AAAM, *Abbreviated Injury Scale.* 2006.
51. Haasper, C., et al., [*The Abbreviated Injury Scale (AIS). Options and problems in application.*] Unfallchirurg. **113**(5): p. 366-72.
52. Baker, S.P., et al., *The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care.* J Trauma, 1974. **14**(3): p. 187-96.
53. Copes, W.S., et al., *The Injury Severity Score revisited.* J Trauma, 1988. **28**(1): p. 69-77.
54. Osler, T., S.P. Baker, and W. Long, *A modification of the injury severity score that both improves accuracy and simplifies scoring.* J Trauma, 1997. **43**(6): p. 922-5; discussion 925-6.

55. Teasdale, G. and B. Jennett, *Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale.* Lancet, 1974. **2**(7872): p. 81-4.
56. Champion, H.R., et al., *A revision of the Trauma Score.* J Trauma, 1989. **29**(5): p. 623-9.
57. Champion, H.R., et al., *The Major Trauma Outcome Study: establishing national norms for trauma care.* J Trauma, 1990. **30**(11): p. 1356-65.
58. Lefering, R., *Development and validation of the revised injury severity classification score for severely injured patients.* European Journal of Trauma and Emergency Surgery 2009. **35**: p. 437-447.
59. Jennett, B. and M. Bond, *Assessment of outcome after severe brain damage.* Lancet, 1975. **1**(7905): p. 480-4.
60. Vincent, J.L., 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): p. 707-10.
61. American College of Chest Physicians/Society of Critical Care Medicine Consensus Conference: *definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis.* Crit Care Med, 1992. **20**(6): p. 864-74.
62. Wikipedia. *Abbreviated Injury Scale.* 2010 [cited; Available from: [http://de.wikipedia.org/wiki/Abbreviated\\_Injury\\_Scale](http://de.wikipedia.org/wiki/Abbreviated_Injury_Scale).
63. Wikipedia. *ASA-Klassifikation.* 2011 [cited; Available from: <http://de.wikipedia.org/wiki/ASA-Klassifikation>.
64. WH Kruskal and W. Wallis, *Use of ranks in one-criterion variance analysis.* J Amer Statist Assoc 1952, 1952. **47**: p. 583-621.
65. WH Kruskal and W. Wallis, *Use of ranks in one-criterion variance analysis.* J Amer Statist Assoc 1953, 1953. **48**: p. 907-911.
66. Terpstra, T., *The asymptotic normality and consistency of Kendall's test against trend, when ties are present in one ranking.* Indagationes Mathematicae 1952, 1952. **14**: p. 327-333.
67. Lindgren, B., *Statistical Theory.* MacMillian, New York 1976, 1976.
68. Kolmogorov, A., *Confidence limits for an unknown distribution function.* Annals of Mathematical Statistics 1941, 1941. **12**: p. 461-463.
69. Jonckheere, A., *A test of significance for the relation between m rankings and kranked categories.* British Journal of Statistical Psychology 1954, 1954. **417**: p. 93-100.

70. HB Mann and D. Whitney, *On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other.* Annals of Mathematical Statistics 1946, 1946. **18**: p. 50-60.
71. HB Mann and A. Wald, *On the choice of the number of class intervals in the application of the chi-square test.* Annals of Mathematical Statistics 1942, 1942 .. **18**: p. 306.
72. *Odds Ratio.* Biometrics 1991, 1991. **47**: p. 795-811.
73. *Odds Ratio.* Biometrics 1992, 1992. **48**: p. 1289-1295.
74. Helm, M., et al., [Accidental hypothermia in trauma patients. Is it relevant to preclinical emergency treatment?]. Anaesthetist, 1995. **44**(2): p. 101-7.
75. Steinemann, S., S.R. Shackford, and J.W. Davis, *Implications of admission hypothermia in trauma patients.* J Trauma, 1990. **30**(2): p. 200-2.
76. Bundesamt, S. *Verkehrsunfälle, Männer und Frauen.* 2011 [cited; Available from: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Transportverkehr/Verkehrsunfaelle/UnfaelleFrauenMaenner5462407117004.pdf?blob=publicationFile>].
77. Gregory, J.S., et al., *Incidence and timing of hypothermia in trauma patients undergoing operations.* J Trauma, 1991. **31**(6): p. 795-8; discussion 798-800.
78. Gentilello, L.M., et al., *Is hypothermia in the victim of major trauma protective or harmful? A randomized, prospective study.* Ann Surg, 1997. **226**(4): p. 439-47; discussion 447-9.
79. Stoner, H.B., *Effect of injury on the responses to thermal stimulation of the hypothalamus.* J Appl Physiol, 1972. **33**(5): p. 665-71.
80. Little, R.A. and H.B. Stoner, *Body temperature after accidental injury.* Br J Surg, 1981. **68**(4): p. 221-4.
81. Winslow, E.H., et al., *Unplanned perioperative hypothermia and agreement between oral, temporal artery, and bladder temperatures in adult major surgery patients.* J Perianesth Nurs. **27**(3): p. 165-80.
82. Wikipedia. *Zeitreihe der Lufttemperatur in Deutschland.* 2011 [cited; Available from: [http://de.wikipedia.org/wiki/Zeitreihe\\_der\\_Lufttemperatur\\_in\\_Deutschland](http://de.wikipedia.org/wiki/Zeitreihe_der_Lufttemperatur_in_Deutschland)].
83. Ruhr Universität Bochum, P.D.H.F. *Einfluß der Jahreszeiten auf den Tagesgang der Temperatur.* 2011 [cited; Available from: <http://www.geographie.ruhr-uni-bochum.de/agklima/vorlesung/temperatur/tagesgang.html>].
84. Seekamp, A., et al., *Adenosine-triphosphate in trauma-related and elective hypothermia.* J Trauma, 1999. **47**(4): p. 673-83.
85. Gubler, K.D., et al., *The impact of hypothermia on dilutional coagulopathy.* J Trauma, 1994. **36**(6): p. 847-51.

86. Winkler, M., et al., *Aggressive warming reduces blood loss during hip arthroplasty*. Anesth Analg, 2000. **91**(4): p. 978-84.
87. Gonzalez, E.A., et al., *Fresh frozen plasma should be given earlier to patients requiring massive transfusion*. J Trauma, 2007. **62**(1): p. 112-9.
88. Brohi, K., M.J. Cohen, and R.A. Davenport, *Acute coagulopathy of trauma: mechanism, identification and effect*. Curr Opin Crit Care, 2007. **13**(6): p. 680-5.
89. Polderman, K.H., et al., *Effects of therapeutic hypothermia on intracranial pressure and outcome in patients with severe head injury*. Intensive Care Med, 2002. **28**(11): p. 1563-73.
90. Takasu, A., et al., *Mild or moderate hypothermia but not increased oxygen breathing prolongs survival during lethal uncontrolled hemorrhagic shock in rats, with monitoring of visceral dysoxia*. Crit Care Med, 1999. **27**(8): p. 1557-64.
91. Leonov, Y., et al., *Extending the golden hour of hemorrhagic shock tolerance with oxygen plus hypothermia in awake rats. An exploratory study*. Resuscitation, 2002. **52**(2): p. 193-202.
92. Clifton, G.L., et al., *Lack of effect of induction of hypothermia after acute brain injury*. N Engl J Med, 2001. **344**(8): p. 556-63.

## 6.2 Datenerhebungsbögen

# Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie

## Schwerverletzten-Erhebungsbogen

© DGU 03/2002

### Zeitpunkt A: Präklinik (Erstbefund, Therapie)

Index \_\_\_\_\_ M

Geburtsdatum \_\_\_\_\_ W

#### Unfall-Anamnese (Pflichtdokumentation für alle Pat.)

Unfalldatum \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 20\_\_\_\_

Unfallzeit \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Uhr

**Ursache:** Unfall

V. a. Gewaltverbrechen

V. a. Suizid

Andere \_\_\_\_\_

**Trauma:** stumpf   
penetrierend

**Hergang:** Verkehr: PKW/LKW-Insasse

Motorradfahrer

Fahrradfahrer

Fußgänger angefahren

Sturz: > 3m Höhe

< 3m Höhe

Sonstiges: \_\_\_\_\_

#### Vitalparameter

RR syst. \_\_\_\_\_ mm Hg

Puls \_\_\_\_\_ /min

Atemfrequenz (spontan) \_\_\_\_\_ /min

Sauerstoffsättigung (Sp O<sub>2</sub>) \_\_\_\_\_ %

Eintreffen des Notarztes \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Uhr

Abfahrt vom Unfallort \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Uhr

Transportmittel RTW  NAW/NEF  RTH

#### Verletzungen (Verdachtsdiagnosen Notarzt)

	keine	leicht	mittel	schwer
Schädel-Hirn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Thorax	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abdomen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wirbelsäule	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Becken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Obere Extremitäten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Untere Extremitäten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weichteile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Therapie bis zur Klinikaufnahme

Kristalloide	_____ ml	Intubation	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Kolloide	_____ ml	Analgosedierung	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
hyperonkot. / hyperosmol.		Herzmassage	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Lösungen	_____ ml	Katecholamine	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>

#### Extremitätenbewegung

##### Sensibilität

	rechts	links
Arm		
Bein		

##### Motorik

	rechts	links
Arm		
Bein		

##### Erläuterung:

0 - nicht prüfbar 1 - stark vermindert 2 - leicht vermindert 3 - normal

#### Ausgefüllte Bögen bitte senden an:

\_\_\_\_\_

NACA-Index (I -VII):

Klinikinterne Zusatz-ID: \_\_\_\_\_

[www.traumaregister.de](http://www.traumaregister.de)

# Anhang

		<b>Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie</b> Scherverletzten-Erhebungsbogen		© DGU 03/2002																																																											
<b>Zeitpunkt B: Notaufnahme</b> (Aufnahmefund, Primärdiagnostik, Therapie)		Index _____ M <input type="checkbox"/> Geburtsdatum _____ W <input type="checkbox"/>																																																													
<b>Eintreffen</b> Datum _____._____.20__ Uhrzeit _____._____.Uhr Zuverlegung aus anderem KH nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>																																																															
<b>Vitalparameter + Atmung</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>RR systol.</td> <td>mm Hg</td> </tr> <tr> <td>Puls</td> <td>/min</td> </tr> <tr> <td>Atemfrequenz (spontan)</td> <td>/min</td> </tr> <tr> <td>Sauerstoffsättigung (Sp O<sub>2</sub>)</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Bereits bei Ankunft intubiert?</td> <td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>- wenn ja:</td> <td>FiO<sub>2</sub> _____</td> </tr> <tr> <td></td> <td>PaO<sub>2</sub> _____ mm Hg</td> </tr> </table>		RR systol.	mm Hg	Puls	/min	Atemfrequenz (spontan)	/min	Sauerstoffsättigung (Sp O <sub>2</sub> )	%	Bereits bei Ankunft intubiert?	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	- wenn ja:	FiO <sub>2</sub> _____		PaO <sub>2</sub> _____ mm Hg	<b>Diagnostik</b> bis zur Aufnahme auf die (Intensiv-) Station <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>durchgeführt</th> <th>Uhrzeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Sono-Abd.</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> <tr><td>Rö.-Kopf</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> <tr><td>Rö.-Thorax</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> <tr><td>Rö.-WS</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> <tr><td>Rö.-Becken</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> <tr><td>Rö.-Extremitäten</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> <tr><td>CCT</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> <tr><td>CT-Thorax</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> <tr><td>CT-Abdomen</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> <tr><td>CT-Becken</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> <tr><td>CT-WS</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> <tr><td>CT-Ganzkörper</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> <tr><td>TEE</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> <tr><td>Angiographie</td><td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td><td>_____._____.Uhr</td></tr> </tbody> </table>				durchgeführt	Uhrzeit	Sono-Abd.	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr	Rö.-Kopf	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr	Rö.-Thorax	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr	Rö.-WS	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr	Rö.-Becken	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr	Rö.-Extremitäten	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr	CCT	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr	CT-Thorax	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr	CT-Abdomen	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr	CT-Becken	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr	CT-WS	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr	CT-Ganzkörper	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr	TEE	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr	Angiographie	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr
RR systol.	mm Hg																																																														
Puls	/min																																																														
Atemfrequenz (spontan)	/min																																																														
Sauerstoffsättigung (Sp O <sub>2</sub> )	%																																																														
Bereits bei Ankunft intubiert?	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>																																																														
- wenn ja:	FiO <sub>2</sub> _____																																																														
	PaO <sub>2</sub> _____ mm Hg																																																														
	durchgeführt	Uhrzeit																																																													
Sono-Abd.	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
Rö.-Kopf	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
Rö.-Thorax	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
Rö.-WS	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
Rö.-Becken	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
Rö.-Extremitäten	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
CCT	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
CT-Thorax	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
CT-Abdomen	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
CT-Becken	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
CT-WS	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
CT-Ganzkörper	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
TEE	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
Angiographie	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	_____._____.Uhr																																																													
<b>Glasgow Coma Scale</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Augenöffnung</td> <td>Verbale Antwort</td> <td>Motorische Antwort</td> </tr> <tr> <td> <input type="checkbox"/> spontan  <input type="checkbox"/> Aufforderung  <input type="checkbox"/> Schmerz  <input type="checkbox"/> keine       </td> <td> <input type="checkbox"/> orientiert  <input type="checkbox"/> verwirrt  <input type="checkbox"/> inadäquat  <input type="checkbox"/> unverständlich  <input type="checkbox"/> keine       </td> <td> <input type="checkbox"/> Aufforderung  <input type="checkbox"/> gezielt (Schmerz)  <input type="checkbox"/> ungezielt (Schmerz)  <input type="checkbox"/> Beugekrämpfe  <input type="checkbox"/> Streckkrämpfe  <input type="checkbox"/> keine       </td> </tr> <tr> <td colspan="3">Summe aus: ____ + ____ + ____ = GCS ____</td> </tr> </table>		Augenöffnung	Verbale Antwort	Motorische Antwort	<input type="checkbox"/> spontan <input type="checkbox"/> Aufforderung <input type="checkbox"/> Schmerz <input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> orientiert <input type="checkbox"/> verwirrt <input type="checkbox"/> inadäquat <input type="checkbox"/> unverständlich <input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> Aufforderung <input type="checkbox"/> gezielt (Schmerz) <input type="checkbox"/> ungezielt (Schmerz) <input type="checkbox"/> Beugekrämpfe <input type="checkbox"/> Streckkrämpfe <input type="checkbox"/> keine	Summe aus: ____ + ____ + ____ = GCS ____			<b>Labor</b> bei Aufnahme <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Hb</td> <td>g/dl</td> <td>BE (- / +) [ ]</td> <td>mmol/l</td> </tr> <tr> <td>Leukozyten</td> <td>/µl</td> <td>Laktat</td> <td>mmol/l</td> </tr> <tr> <td>Thrombozyten</td> <td>/µl</td> <td>Kreatinin</td> <td>mg/dl</td> </tr> <tr> <td>TPZ (Quick)</td> <td>%</td> <td>Na</td> <td>mmol/l</td> </tr> <tr> <td>CK</td> <td>U/l</td> <td>Temperatur</td> <td>°C</td> </tr> </table>			Hb	g/dl	BE (- / +) [ ]	mmol/l	Leukozyten	/µl	Laktat	mmol/l	Thrombozyten	/µl	Kreatinin	mg/dl	TPZ (Quick)	%	Na	mmol/l	CK	U/l	Temperatur	°C																														
Augenöffnung	Verbale Antwort	Motorische Antwort																																																													
<input type="checkbox"/> spontan <input type="checkbox"/> Aufforderung <input type="checkbox"/> Schmerz <input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> orientiert <input type="checkbox"/> verwirrt <input type="checkbox"/> inadäquat <input type="checkbox"/> unverständlich <input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> Aufforderung <input type="checkbox"/> gezielt (Schmerz) <input type="checkbox"/> ungezielt (Schmerz) <input type="checkbox"/> Beugekrämpfe <input type="checkbox"/> Streckkrämpfe <input type="checkbox"/> keine																																																													
Summe aus: ____ + ____ + ____ = GCS ____																																																															
Hb	g/dl	BE (- / +) [ ]	mmol/l																																																												
Leukozyten	/µl	Laktat	mmol/l																																																												
Thrombozyten	/µl	Kreatinin	mg/dl																																																												
TPZ (Quick)	%	Na	mmol/l																																																												
CK	U/l	Temperatur	°C																																																												
<b>Verlauf</b> bis zur Aufnahme auf die (Intensiv-) Station																																																															
schlechtester RR systol. _____ mm Hg schlechtester Hb _____ g/dl schlechteste TPZ (Quick) _____ % schlechtester BE (- / +) [ ] _____ mmol/l																																																															
<b>Therapie</b> bis zur Aufnahme auf die (Intensiv-) Station																																																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Kristalloide</td> <td>----- ml</td> </tr> <tr> <td>Kolloide</td> <td>----- ml</td> </tr> <tr> <td>Hyperonkot. / Hyperosmol. Lösung</td> <td>----- ml</td> </tr> <tr> <td>Blut</td> <td>----- Ek's</td> </tr> <tr> <td>FFP / Frischplasma</td> <td>----- ml</td> </tr> <tr> <td>Thrombozyten</td> <td>----- ml</td> </tr> <tr> <td>Intubation</td> <td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Analgesierung</td> <td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Herzmassage</td> <td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Katecholamine</td> <td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Thoraxdrainage</td> <td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>AKute externe Frakturstabilisierung (ausserhalb des OP)</td> <td>nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>					Kristalloide	----- ml	Kolloide	----- ml	Hyperonkot. / Hyperosmol. Lösung	----- ml	Blut	----- Ek's	FFP / Frischplasma	----- ml	Thrombozyten	----- ml	Intubation	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	Analgesierung	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	Herzmassage	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	Katecholamine	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	Thoraxdrainage	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	AKute externe Frakturstabilisierung (ausserhalb des OP)	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>																																			
Kristalloide	----- ml																																																														
Kolloide	----- ml																																																														
Hyperonkot. / Hyperosmol. Lösung	----- ml																																																														
Blut	----- Ek's																																																														
FFP / Frischplasma	----- ml																																																														
Thrombozyten	----- ml																																																														
Intubation	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>																																																														
Analgesierung	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>																																																														
Herzmassage	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>																																																														
Katecholamine	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>																																																														
Thoraxdrainage	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>																																																														
AKute externe Frakturstabilisierung (ausserhalb des OP)	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>																																																														

# Anhang

	<b>Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie</b> Schwerverletzten-Erhebungsbogen <small>© DGU 03/2002</small>	
<b>Zeitpunkt C: Intensivstation</b> (Aufnahmebefund, Verlauf)		Index _____ M <input type="checkbox"/> Geburtsdatum _____ W <input type="checkbox"/>
<b>Eintreffen</b> Datum _____.20____ <b>Uhrzeit</b> ____ : ____ Uhr		
<b>Vitalparameter + Atmung</b> bei Aufnahme		
RR systol. _____ mm Hg Puls _____ /min Atemfrequenz (spontan) _____ /min Sauerstoffsättigung ( $\text{SpO}_2$ ) _____ % Bereits bei Ankunft intubiert? nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> - wenn ja: $\text{FiO}_2$ _____ $\text{PaO}_2$ _____ mm Hg		
<b>Labor</b> bei Aufnahme		
Hb _____ g/dl BE (- / +) [ ] _____ mmol/l Leukozyten _____ / $\mu\text{l}$ Laktat _____ mmol/l Thrombozyten _____ / $\mu\text{l}$ Kreatinin _____ mg/dl TPZ (Quick) _____ % Na _____ mmol/l CK _____ U/l Temperatur _____ °C		
<b>Therapie</b>		
Tracheostomie nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Thoraxdrainage nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Katecholamine nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Massentransfusion (> 10 EKs / 24 h) nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> _____ Tage Dialyse / Hämofiltration nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> _____ Tage		
<b>Aufenthaltsdauer + Beatmungstherapie</b>		
Intensivtage nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> _____ Tage Intubationstage nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> _____ Tage Bauchlagerung nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> _____ Tage Rotorest nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> _____ Tage		
Patienten-ID der IAG Qualitätssicherung in der Intensivmedizin der DIVI: _____		
<b>Zeitpunkt D: Abschluss (1)</b> (Outcome)		
<b>Tod</b> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>		
Datum _____.20____ um ____ : ____ Uhr		
<b>Glasgow Outcome Scale (GOS)</b>		
gut erholt <input checked="" type="checkbox"/> mässig behindert <input checked="" type="checkbox"/> schwer behindert <input checked="" type="checkbox"/> nicht ansprechbar <input checked="" type="checkbox"/> tot <input checked="" type="checkbox"/>		
<b>Entlassung</b>		
Datum _____.20____ nach Hause <input checked="" type="checkbox"/> Reha-Klinik <input checked="" type="checkbox"/> Krankenhaus <input checked="" type="checkbox"/> sonstiges <input checked="" type="checkbox"/>		
<b>DRG-Nr.:</b> _____		
<b>Vorerkrankungen</b>		
keine <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> (bitte angeben → vgl. Manual)		
<input type="checkbox"/> Gesicherter Herzinfarkt vor weniger als 6 Monaten <input type="checkbox"/> Gesicherter Herzinfarkt vor mehr als 6 Monaten <input type="checkbox"/> Instabile Angina pectoris <input type="checkbox"/> Herzinsuffizienz (NYHA III-IV) <input type="checkbox"/> Arterielle Verschlusskrankheit (pAVK Stadium IV) <input type="checkbox"/> COPD (medikamentös behandelt od. Ruhedyspnoe od. Sauerstoffbedarf) <input type="checkbox"/> Asthma bronchiale (medikamentös behandelt) <input type="checkbox"/> Diabetes mellitus (medikamentös behandelt) <input type="checkbox"/> Terminale Niereninsuffizienz (dialysepflichtig) <input type="checkbox"/> Chronische Niereninsuffizienz (mit Kreatinin > 2,0 mg/dl) <input type="checkbox"/> Angeborene oder erworbene Gerinnungsstörung <input type="checkbox"/> Leberzirrhose (gesichert) <input type="checkbox"/> Alkoholismus (gesichert), Entzugsdelir (neurolog./psych. Manifestation) <input type="checkbox"/> Lymphom, Leukämie, metastasierendes Carcinom <input type="checkbox"/> HIV-Infektion, AIDS <input type="checkbox"/> Immunsuppression <input type="checkbox"/> andere _____		

# Anhang



## Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie

### Schwerverletzten-Erhebungsbogen

© DGU 03/2002

#### Zeitpunkt D: Abschluss (2) (Diagnosen, Operationen, Therapieschema)

Index \_\_\_\_\_ M   
Geburtsdatum \_\_\_\_\_ W

**Diagnose:** \_\_\_\_\_ Diagnosestellung nach ICU-Aufnahme? nein  ja

ICD10(1): \_\_\_\_\_ ICD10(2): \_\_\_\_\_ AIS: \_\_\_\_\_ AO: \_\_\_\_\_ offen  Grad (I-IV): \_\_\_\_\_

**Operation:** OPS 301 Datum Schnitt Dauer  
1. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

2. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

Initiales Therapiekonzept: konservativ  operativ sofort  operativ sekundär  Anzahl weiterer OP's (z.B. Revisionen): n = \_\_\_\_\_

**Diagnose:** \_\_\_\_\_ Diagnosestellung nach ICU-Aufnahme? nein  ja

ICD10(1): \_\_\_\_\_ ICD10(2): \_\_\_\_\_ AIS: \_\_\_\_\_ AO: \_\_\_\_\_ offen  Grad (I-IV): \_\_\_\_\_

**Operation:** OPS 301 Datum Schnitt Dauer  
1. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

2. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

Initiales Therapiekonzept: konservativ  operativ sofort  operativ sekundär  Anzahl weiterer OP's (z.B. Revisionen): n = \_\_\_\_\_

**Diagnose:** \_\_\_\_\_ Diagnosestellung nach ICU-Aufnahme? nein  ja

ICD10(1): \_\_\_\_\_ ICD10(2): \_\_\_\_\_ AIS: \_\_\_\_\_ AO: \_\_\_\_\_ offen  Grad (I-IV): \_\_\_\_\_

**Operation:** OPS 301 Datum Schnitt Dauer  
1. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

2. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

Initiales Therapiekonzept: konservativ  operativ sofort  operativ sekundär  Anzahl weiterer OP's (z.B. Revisionen): n = \_\_\_\_\_

**Diagnose:** \_\_\_\_\_ Diagnosestellung nach ICU-Aufnahme? nein  ja

ICD10(1): \_\_\_\_\_ ICD10(2): \_\_\_\_\_ AIS: \_\_\_\_\_ AO: \_\_\_\_\_ offen  Grad (I-IV): \_\_\_\_\_

**Operation:** OPS 301 Datum Schnitt Dauer  
1. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

2. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

Initiales Therapiekonzept: konservativ  operativ sofort  operativ sekundär  Anzahl weiterer OP's (z.B. Revisionen): n = \_\_\_\_\_

**Diagnose:** \_\_\_\_\_ Diagnosestellung nach ICU-Aufnahme? nein  ja

ICD10(1): \_\_\_\_\_ ICD10(2): \_\_\_\_\_ AIS: \_\_\_\_\_ AO: \_\_\_\_\_ offen  Grad (I-IV): \_\_\_\_\_

**Operation:** OPS 301 Datum Schnitt Dauer  
1. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

2. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

Initiales Therapiekonzept: konservativ  operativ sofort  operativ sekundär  Anzahl weiterer OP's (z.B. Revisionen): n = \_\_\_\_\_

**Diagnose:** \_\_\_\_\_ Diagnosestellung nach ICU-Aufnahme? nein  ja

ICD10(1): \_\_\_\_\_ ICD10(2): \_\_\_\_\_ AIS: \_\_\_\_\_ AO: \_\_\_\_\_ offen  Grad (I-IV): \_\_\_\_\_

**Operation:** OPS 301 Datum Schnitt Dauer  
1. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

2. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

Initiales Therapiekonzept: konservativ  operativ sofort  operativ sekundär  Anzahl weiterer OP's (z.B. Revisionen): n = \_\_\_\_\_

**Diagnose:** \_\_\_\_\_ Diagnosestellung nach ICU-Aufnahme? nein  ja

ICD10(1): \_\_\_\_\_ ICD10(2): \_\_\_\_\_ AIS: \_\_\_\_\_ AO: \_\_\_\_\_ offen  Grad (I-IV): \_\_\_\_\_

**Operation:** OPS 301 Datum Schnitt Dauer  
1. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

2. \_\_\_\_\_ - - - - . 20 : : \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

Initiales Therapiekonzept: konservativ  operativ sofort  operativ sekundär  Anzahl weiterer OP's (z.B. Revisionen): n = \_\_\_\_\_

# Anhang

Polytraumastudie RTH/ITH –Notarztfragebogen							
Unfalluhrzeit: _____				Ankunft _____			
1.Rettungsmittel: _____ Einsatzort: _____				<b>Pupillenreaktion (re./li.):</b> <input type="checkbox"/> Prompt <input type="checkbox"/> Träge <input type="checkbox"/> Keine			
<input type="checkbox"/> Primärer Notarzt		<input type="checkbox"/> Sekundärer Notarzt					
Alarmierung zeitgerecht? <input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN							
<u>Kommentar:</u>							
<b>Interaktion / Kommunikation 1. NA und Ihnen:</b> 1   2   3   4							
Gesprächsatmosphäre bei Übergabe: angenehm unangenehm							
<b>Darstellung des Patientenzustands:</b> <input type="checkbox"/> zu ausführlich <input type="checkbox"/> sehr gut <input type="checkbox"/> ausreichend <input type="checkbox"/> nicht ausreichend							
DIV-Protokoll des 1. NA vorhanden? <input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN							
DIV-Protokoll des 1. NA vollständig? <input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN							
Zusätzliche Diagnosen zum 1. NA? <input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN							
<u>Kommentar:</u>							
<b>Welche Maßnahmen wurden durch wen durchgeführt?</b>							
<b>1.NA</b> <b>RTH</b> <b>Maßnahme</b>			<b>1.NA</b> <b>RTH</b> <b>Maßnahme</b>				
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Stiffneck			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> RR-Messung				
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Vakuummatratze			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Pulsoxymetrie				
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Frakturreposition			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> EKG				
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Extremitätenstichung			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 12 Kanal EKG				
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Thoraxdrainage			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> BZ - Messung				
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Verbände			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Intubation				
			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> CO <sub>2</sub> -Messung				
<b>Veränderung der Medikation / Zugangsmanagement?</b>							
				<b>1. NA</b>		<b>RTH</b>	
Analgosedierung:							
Katecholamine:							
Sonstige Medikamente:							
Zugänge:							
<b>Initiale spontane Atemfrequenz:</b> <input type="checkbox"/> AF< 10/min <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Tachypnoe							
<b>Volumenmanagement (bitte auf 100 ml genau schätzen)</b>							
<b>1. NA</b> <b>RTH</b>		<b>Kristalloide</b>	<b>Kolloide</b>	<b>Hyperonkot.</b>			
<b>Ihre Fachrichtung:</b> <input type="checkbox"/> Anästhesie <input type="checkbox"/> Chirurgie <input type="checkbox"/> Sonst.: _____							
<b>Jahre NA-Berufserfahrung</b> <input type="checkbox"/> <5 <input type="checkbox"/> 5-10 <input type="checkbox"/> >10							
<b>NA-Einsätze/Jahr:</b> <input type="checkbox"/> < 25 <input type="checkbox"/> 25-50 <input type="checkbox"/> 50-100 <input type="checkbox"/> 100-150 <input type="checkbox"/> > 150							
<b>weitere Kommentare (z.B. adverse events etc.):</b>							

### **6.3 Danksagung**

#### **Dr. med. Antonio Ernstberger:**

Lieber Toni, vielen Dank für deine jahrelange Unterstützung, deine akribischen Verbesserungen und dein ausdauerndes und durchdachtes Überarbeiten der ersten Versionen mit vielen guten Ratschlägen und überhaupt für die Betreuung im Rahmen dieser Arbeit.

#### **Mitdoktoranden:**

Vielen Dank für die reibungslose und freundschaftliche Zusammenarbeit während des gesamten Datenerhebungszeitraumes.

#### **Familie und Freunde:**

Weiterhin möchte ich meiner Familie und meinen Freunden danken und allen, die mich bei dieser durchaus Geduld erfordernden Arbeit unterstützt haben.

## 6.4 Curriculum vitae

30.03.1986 Geboren in Kelheim,  
Eltern Monika und Dr.med. Christian Merkl

### Schulische Laufbahn

1992-1996 Grundschule Pettendorf-Pielenhofen  
1996-2005 Albertus-Magnus-Gymnasium in Regensburg  
(Abitur: 1,6)

### Studium der Humanmedizin

2005-2007 Vorklinik an der Ludwigs-Maximilians-Universität in München (Physikum: 2,0)  
2007-2011 Klinischer Abschnitt Universitätsklinikum Regensburg  
04/2012 (Note 1,5)

### Praktische medizinische Tätigkeiten

2005 Ein Monat Krankenpflegepraktikum im Krankenhaus der Barmherzigen Brüder in Regensburg  
2006 Zwei Monate Krankenpflege Praktikum im Asklepios Klinikum in Bad Abbach  
2007 Ausbildung zum Sanitätshelfer bei den Johannitern in Regensburg, im Anschluss 2,5 Jahre regelmäßiges Praktikum am Rettungswagen und Notarztwagen sowie bei Sanitätsdiensten  
2008 Je ein Monat Famulatur in der Unfallchirurgie bei den Barmherzigen Brüder in Regensburg und in der Anästhesie am Uniklinikum Regensburg  
2009 Je ein Monat Famulatur in Dangriga in Belize im Southern Regional Hospital im Department of Internal Medicine sowie in der orthopädischen Praxis Dr. Merkl  
2010 Ein Monat Famulatur in Tobago im Regional Hospital in Scarborough im Department of Gynecology and obstetrics  
2010-2011 Praktisches Jahr in der Anästhesie am Universitätsklinikum Regensburg, in der Inneren im Krankenhaus der Barmherzigen Brüder in Regensburg und in der Chirurgie am Universitätsklinikum Regensburg  
Seit 10/2012 Assistenzärztin in der Anästhesie am Universitätsklinikum Regensburg