

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR UNFALLCHIRURGIE
PROFESSOR DOKTOR MICHAEL NERLICH
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

ETABLIERUNG EINES TRAUMANETZWERKES IN DEUTSCHLAND:
EINFLUSS DES TRAUMANETZWERKES OSTBAYERN AUF DIE
PATIENTENVERTEILUNG AUF DIE PRIMÄR AUFNEHMENDEN KLINIKEN UNTER
BERÜCKSICHTIGUNG DES TRANSPORTMITTELS

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
SVENJA MAREN LANGE

2019

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR UNFALLCHIRURGIE
PROFESSOR DOKTOR MICHAEL NERLICH
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

ETABLIERUNG EINES TRAUMANETZWERKES IN DEUTSCHLAND:
EINFLUSS DES TRAUMANETZWERKES OSTBAYERN AUF DIE
PATIENTENVERTEILUNG AUF DIE PRIMÄR AUFNEHMENDEN KLINIKEN UNTER
BERÜCKSICHTIGUNG DES TRANSPORTMITTELS

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
SVENJA MAREN LANGE

2019

Dekan: Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Peter Angele

2. Berichterstatter: PD Dr. Lukas Beyer

Tag der mündlichen Prüfung: 31.07.2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	- 4 -
2	Material und Methoden	- 9 -
2.1	Datenerhebung	- 9 -
2.1.1	Ein- und Ausschlusskriterien	- 9 -
2.1.2	Erhebungszeitraum.....	- 9 -
2.1.3	Erhebungskliniken und Erhebungsgebiet	- 9 -
2.1.4	Erhebungsteam	- 13 -
2.1.5	Erhebungsablauf.....	- 13 -
2.2	Dateneingabe und Datenbanken	- 16 -
2.2.1	TraumaRegister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie.....	- 16 -
2.2.2	IBM SPSS Statistics.....	- 16 -
2.2.3	Validität der Daten	- 16 -
2.3	Scoring-Systeme und Definitionen.....	- 17 -
2.3.1	Abbreviated Injury Scale	- 17 -
2.3.2	Injury Severity Score.....	- 18 -
2.3.3	Revised Injury Severity Classification Score	- 19 -
2.3.4	Glasgow Coma Scale	- 21 -
2.4	Verwendete Programme und statistische Auswertung	- 21 -
2.4.1	Test auf Normalverteilung.....	- 22 -
2.4.2	Vergleich von Mittelwerten.....	- 22 -
2.4.3	Varianzanalyse und T-Test zum Vergleich von Gruppenmittelwerten..	- 22 -
2.4.4	Test auf Zusammenhänge zwischen kategorialen Variablen	- 22 -
2.4.5	Signifikanzniveau	- 22 -
3	Ergebnisse	- 23 -
3.1	Studienpopulation	- 23 -
3.2	Demographie und deren Veränderung nach Einführung des TNO	- 23 -
3.2.1	Geschlechter- und Altersverteilung.....	- 23 -
3.2.2	Verteilung der Patienten auf die Transportmittel	- 24 -
3.2.3	Unfallhergang	- 25 -
3.2.4	Verletzungsmuster anhand der Abbreviated Injury Scale (AIS)	- 27 -
3.2.5	Verletzungsschwere in Bezug auf die Injury Severity Scale (ISS) und die New Injury Severity Scale (NISS)	- 28 -
3.2.6	Überlebenswahrscheinlichkeit nach dem Revised Injury Severity Classification Score (RISC)	- 30 -
3.3	Einfluss des TraumaNetzwerkes auf die Verteilung der Patienten in Bezug auf das primär aufnehmende Krankenhaus.....	- 32 -
3.3.1	Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen insgesamt.....	- 32 -
3.3.2	Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit des Transportmittels	- 33 -
3.3.3	Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit der Verletzungsschwere nach ISS und des Transportmittels	- 35 -

3.3.4	Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit der Verletzungsschwere nach NISS und des Transportmittels	- 39 -
3.3.5	Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit der präklinischen Glasgow Coma Scale und des Transportmittels	- 44 -
3.3.6	Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Bezug auf die Überlebenswahrscheinlichkeit nach RISC und Transportmittel	- 47 -
3.3.7	Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Bezug auf das Verletzungsmuster nach AIS und das Transportmittel.....	- 48 -
3.3.7.1	Schädel-Hirntrauma als führende Verletzungsregion	- 49 -
3.3.7.2	Thoraxtrauma als führende Verletzungsregion	- 50 -
3.3.7.3	Abdominaltrauma als führende Verletzungsregion.....	- 52 -
3.3.7.4	Extremitätentrauma als führende Verletzungsregion	- 53 -
3.3.7.5	Schwerste Verletzungen mehrerer Körperregionen	- 54 -
3.3.8	Verteilung der Patienten mit präklinischem Schock auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit des Transportmittels	- 55 -
3.4	Patientenoutcome	- 56 -
3.4.1	Letalität im Verhältnis zur vorhergesagten Letalität nach RISC	- 56 -
3.4.2	Dauer der stationären Behandlung.....	- 58 -
3.4.2.1	Krankenhausliegedauer insgesamt	- 58 -
3.4.2.2	Dauer einer Intensivbehandlung.....	- 60 -
3.4.3	Outcome in Bezug auf die frühe Weiterverlegung in ein anderes Krankenhaus.....	- 61 -
4	Diskussion	- 63 -
4.1	Patientengut und dessen Veränderung nach Einführung des TNO	- 63 -
4.1.1	Geschlechter- und Altersverteilung.....	- 63 -
4.1.2	Verletzungsschwere der Patienten in Bezug auf die Injury Severity Scale und New Injury Severity Scale	- 64 -
4.1.3	Unfallhergang	- 64 -
4.2	Patientenverteilung auf die Versorgungsstufen und deren Veränderung nach Einführung des TNO unter Berücksichtigung des Transportmittels	- 64 -
4.2.1	Verteilung auf die Transportmittel insgesamt	- 64 -
4.2.2	Verteilung auf die Versorgungsstufen.....	- 65 -
4.2.3	Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit des Transportmittels	- 67 -
4.2.4	Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit der Verletzungsschwere nach ISS und NISS und des Transportmittels-	- 69 -
4.2.5	Überblick über die Verletzungsmuster anhand der Abbreviated Injury Scale (AIS).....	- 73 -
4.2.5.1	Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Bezug auf das Verletzungsmuster nach AIS und das Transportmittel	- 74 -
4.2.5.1.1	Führende Traumata nach AIS-Verletzungsregionen.....	- 74 -
4.2.5.1.2	Verteilung von schwerstverletzten Patienten mit einem AIS \geq 4 in mindestens 2 Regionen auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit des Transportmittels	- 75 -
4.2.6	Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit der präklinischen Glasgow Coma Scale (GCS) und das Transportmittel ...	- 76 -

4.2.7	Verteilung der Patienten mit präklinischem Schock auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit des Transportmittels.....	- 76 -
4.2.8	Outcome	- 77 -
4.2.8.1	Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Bezug auf RISC, Letalität und vorhergesagte Letalität (=RISC _{mort}) in Abhängigkeit des Transportmittels	- 77 -
4.2.8.2	Outcome der Patienten in Bezug auf die Dauer der stationären Behandlung	- 79 -
4.2.8.3	Outcome in Bezug auf frühe Weiterverlegung in ein anderes Krankenhaus	- 79 -
5	Zusammenfassung.....	- 81 -
6	Anhang.....	- 83 -
6.1	Abkürzungsverzeichnis	- 83 -
6.2	Abbildungsverzeichnis	- 84 -
6.3	Literaturverzeichnis.....	- 86 -
6.4	Danksagung	
6.5	Lebenslauf	

1 Einleitung

In Deutschland geschehen jährlich 7-8 Millionen Unfälle mit etwa 63% Heim-oder Freizeitunfällen, 32% Arbeits- und Schulunfällen und 5% Verkehrsunfällen.⁷⁷ Verkehrsunfälle sind dabei in Bezug auf schwere Verletzungen und Todesfälle im jungen bis mittleren Erwachsenenalter führend und verursachen die meisten verlorenen Lebensjahre.^{1,77,82} Im Jahr 2014 verunglückten rund 392.700 Menschen im Straßenverkehr mit 3.376 Getöteten und 67.732 Schwerverletzten.⁵²

Das entspricht einer schwerverletzten Person alle 8 Minuten allein im Straßenverkehr. Eine Inzidenz lässt sich dabei für "schwere Traumata" nur schwierig bestimmen, da die Definitionen für schwere Verletzungen nicht einheitlich sind. Geschätzt wird eine Zahl von ca. 18.000 bis 38.000 schwerstverletzten Patienten (ISS \geq 9) pro Jahr.^{1,2,3,77,82}

Die Behandlung und Rehabilitation von schwerverletzten Patienten ist aufwändig und kostenintensiv.^{4,5} Durchschnittlich fallen Behandlungskosten von 34.274€ pro Patient mit einem Krankenhausaufenthalt von durchschnittlich 22,1 Tagen an. Aus sozioökonomischer Sicht verursachen Unfälle mit schwerstverletzten Patienten einen erheblichen finanziellen Schaden von rund 5,2 Milliarden Euro durch Produktions- und Arbeitsausfall.^{5,77}

Umso wichtiger ist es, eine adäquate, zügige, und flächendeckende Versorgung von Schwerverletzten zu gewährleisten, die nach Möglichkeit vorhandene Strukturen nutzt und möglichst ressourcen- und kostenschonend agiert. Dies stellt die Kliniken heutzutage vor enorme Herausforderungen: Die notwendigen Erfordernisse zur Behandlung Schwerverletzter, wie eine 24-stündige Operationsbereitschaft, Bereitschaften des entsprechenden Personals etc. sind teuer. Demgegenüber müssen die Kliniken auch mit dem hohen Kostendruck durch die Krankenkassen wirtschaften. Viele Kliniken wurden demzufolge geschlossen oder bildeten spezialisierte Zentren oder Klinikgemeinschaften. Um diesen Problemen zu begegnen, wurde von der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie (DGU) 2006 die „Initiative TraumaNetzwerk“ für Deutschland gegründet. Sie basiert auf den im Weißbuch der Schwerverletztenversorgung niedergeschriebenen Empfehlungen und Vorschlägen zur Polytraumaversorgung in Deutschland.^{76,77}

Dabei sind Traumanetzwerke im internationalen Setting keine Neuheit: Bereits 1976 wurden in den USA Traumanetzwerke basierend auf den Empfehlungen des American College of Surgeons gegründet.⁶ Seither konnte in mehreren Studien der positive Effekt von Traumanetzwerken auf das Outcome von Patienten nachgewiesen werden.^{86,87,88,91}

Der Zusammenschluss mehrerer Kliniken beinhaltet nicht nur eine Verbesserung der Kommunikation untereinander, sondern vielmehr auch einheitliche Standards, wie festgelegte Behandlungspfade für eine Schockraumbehandlung oder Vorgaben zu Vorhaltung und Ausbildung von Personal (z.B. 24-Stunden Bereitschaft eines Chirurgen, Advanced Trauma Life Support und Basic Life Support Kurse).^{7,77} Innerhalb dieser Netzwerke gibt es Krankenhäuser unterschiedlicher Versorgungsstufen, im amerikanischen als Level bezeichnet. Es gibt in den USA 5 verschiedene Level für Krankenhäuser, wobei ein Level 1 einem Krankenhaus der Maximalversorgung und ein Level 5 am ehesten einem sehr kleinen Kreiskrankenhaus bzw. MVZ entspricht. Alle Krankenhäuser eines Netzwerkes decken die Polytraumaversorgung in der Fläche ab, wobei gerade die niedrigeren Level (3-5) in entlegenen Regionen oft vorrangig vertreten

sind. Sie sind wichtig für die Erststabilisierung und den zügigen Weitertransport zu den Level 1 oder 2 Traumazentren.^{6,7}

Kliniken in Deutschland sollen sich nun also erstmals, angelehnt an das amerikanische Modell, zu regionalen Netzwerken zusammenfinden. Dabei durchlaufen die Kliniken einen Auditierungsprozess, der ihre Rolle innerhalb des Netzwerkes festlegt. Es gibt für Deutschland 3 unterschiedliche Arten von TraumaZentren: lokale (=LTZ), regionale (=RTZ) und überregionale TraumaZentren (=ÜTZ), ungefähr entsprechend einem Krankenhaus der Grund- und Regelversorgung, der Schwerpunktversorgung und der Maximalversorgung.

Im Weißbuch der Schwerverletztenversorgung wurden personelle und strukturelle Anforderungen an die jeweiligen TraumaZentren festgelegt (siehe Abbildung 4).⁷⁷

So muss für alle TraumaZentren beispielsweise ein Facharzt für Chirurgie und Anästhesie mit jeweils einem Weiterbildungsassistenten bei Ankunft des Patienten bereitstehen.

Eine 24-stündige Verfügbarkeit eines Neurochirurgen und Viszeralchirurgen dagegen ist beispielsweise nur für RTZ und ÜTZ gefordert.

Darüber hinaus gibt es strukturelle Empfehlungen wie zum Beispiel die Raumgröße eines Schockraums (mindestens 25qm), die Anzahl der Schockräume (mindestens 2 für ein ÜTZ) und OP-Saal-Kapazitäten. ÜTZ müssen 2 schwer verletzte Patienten gleichzeitig behandeln können und entsprechende Intensivkapazitäten vorhalten. Sie garantieren darüber hinaus eine Übernahme von polytraumatisierten Patienten, die aus allen anderen TraumaZentren des Netzwerkes zuverlegt werden sollen.⁷⁷

Der Grundstein für das erste deutsche, regionale TraumaNetzwerk wurde Mitte 2007 in Ostbayern gelegt. Das erste Audit deutschlandweit wurde im September 2008 am Universitätsklinikum Regensburg durchgeführt. Das erste Netzwerk (TraumaNetzwerk Ostbayern) wurde im Oktober 2009 zertifiziert. Zur Zeit dieser Studie gab es im TraumaNetzwerk Ostbayern (=TNO) 25 teilnehmende Kliniken, wovon 2 überregionale, 9 regionale und 14 lokale TraumaZentren waren. Einen Überblick über die Kliniken gibt Abbildung 1 und Tabelle 1.¹¹

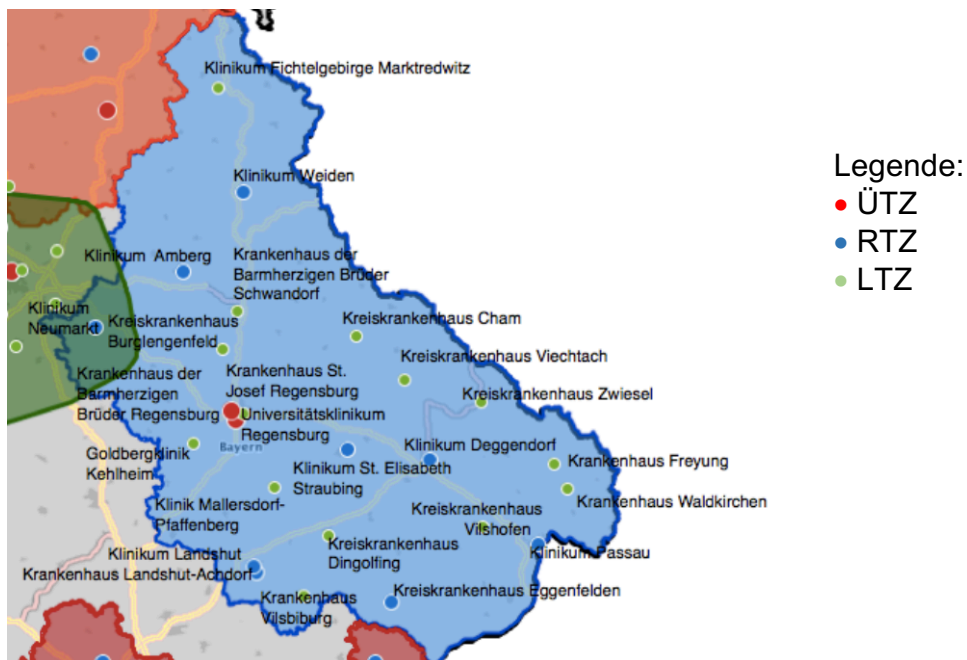


Abbildung 1: TraumaNetzwerk Ostbayern mit zugehörigen TraumaZentren, Stand 1.1.2012 TraumaNetzwerk DGU¹¹

Ostbayern, das im Wesentlichen aus den Regierungsbezirken Oberpfalz und Niederbayern besteht, umfasst eine Fläche von ungefähr 20.000km² mit 2,3 Millionen Einwohnern. Neben den größeren Städten wie Regensburg und Passau besteht eine eher dünne Besiedelung mit 115 Einwohnern/km². Damit ist Ostbayern eine der am geringsten besiedelten Regionen Deutschlands neben Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern.^{8,80}

Eine weitere, regionale Besonderheit ist der Bayerische Wald, der sich mit seinen Höhenlagen östlich von Regensburg entlang der Donau und der tschechischen Grenze erstreckt. Er bietet mit fast ausschließlich Land- und Bundesstraßen einerseits Gefahrenpotential im Straßenverkehr und ist andererseits schwer zugänglich und dünn besiedelt bei geringer Krankenhausedichte. Rettungsdienste müssen in diesem Gebiet mit langen Anfahrt- und Transportwegen rechnen.

Ostbayern ist durch mehrere Hubschrauberstandorte weitestgehend abgedeckt. Tagsüber sind 6 Hubschrauber potentiell einsatzbereit, darunter ein österreichischer aus Suben. In Regensburg ist ein sogenannter "Dual-use" Hubschrauber im Einsatz, der sowohl für Primärrettung als auch für Intensivtransporte genutzt werden kann. Nachts gibt es für Bayern drei Hubschrauber mit Nachtflugmöglichkeit (Nürnberg, Regensburg und München).^{9,80}

Das TraumaNetzwerk Ostbayern ist also, wie Abbildung 1 und Abbildung 3 zu entnehmen ist, durch weite Transportwege und viel ländliches Gebiet, durchzogen von Bundesstraßen, geprägt. Hinzu kommt zwar eine relative Dichte an kleineren Krankenhäusern, jedoch gibt es nur ein Krankenhaus der der Maximalversorgung und zwei überregionale TraumaZentren in Regensburg zur Zeit der Studie. Regensburg liegt, bezogen auf die ostbayerische Region, weit im Westen Ostbayerns relativ ungünstig, stellt es doch in Bezug auf die Polytraumaversorgung das Zentrum mit den größten

Möglichkeiten dar. Aus diesen rein örtlichen Gegebenheiten ist bereits ersichtlich, dass ohne Zusammenarbeit der Kliniken dieser Region keine adäquate und schnelle Behandlung Schwerverletzter erfolgen kann. Auch für behandelnde Notärzte ergibt sich aus den regionalen Besonderheiten ein Konflikt: Auf der einen Seite muss ein schwerverletzter Patient möglichst rasch in die nächste Klinik, welche, auf der anderen Seite, mehrere Kilometer entfernt sein kann. Zudem muss eine entsprechend anvisierte Klinik auch in der Lage sein ein Polytrauma zu behandeln. Hier setzt ein zentrales Anliegen des Weißbuchs der Schwerverletztenversorgung an: Für Rettungsdienstpersonal wurden Empfehlungen gegeben welcher Patient in welche Klinik gebracht werden sollte. Auch bietet dies für das Rettungsdienstpersonal die Sicherheit sich darauf verlassen zu können, dass auch ein Nicht-überregionales TraumaZentrum gewisse Verletzungen selbst versorgen und garantiert basisversorgen kann. Abbildung 2 zeigt die Kriterien des Weißbuchs zur Aufnahme eines Patienten über den Schockraum eines TraumaZentrums.

1. Vitalwerte	Glasgow-Coma-Score < 14 (bei Traumaanamnese) Systolischer Blutdruck unter 90 mmHg Atemfrequenz unter 10 oder über 29 / min Sauerstoff-Sättigung unter 90%
2. Verletzungsmuster	Schweres Schädel-Hirn-Trauma Erkennbar schwere Abdominalverletzung Instabiler Thorax Offene Thoraxverletzung Instabile Beckenfraktur mehr als 1 Fraktur großer Röhrenknochen der unteren Extremitäten Stammahe Gefäßverletzungen Proximale Amputation
3. Unfallmechanismus	Fußgänger oder Fahrradfahrer angefahren (>30 km/h) Motorrad- oder Autounfall mit hoher Geschwindigkeit Herausschleudern aus dem Fahrzeug Karosserieverformung über 50 cm Tod eines Beifahrers Sturz aus mehr als 3 Meter Höhe Explosionsverletzung Einklemmung/Verschüttung

Abbildung 2: Kriterien für einen hohen Gefährdungsgrad aus dem Weißbuch der Schwerverletztenversorgung 2006¹¹

Dabei wurden definierte, konkrete Kriterien erstellt, die auf Unfallmechanismus, Verletzungsmuster und Vitalparameter eingehen. Dies ist neu und bietet den Notärzten ein enormes Plus an Sicherheit in der Entscheidungsfindung. Wenn zum Beispiel die Verletzungsschwere schwierig abzuschätzen ist (z.B. Schädel-Hirn-Traumata, Abdominaltraumata), kann der Patient auch aufgrund des Unfallmechanismus in einen Schockraum eingewiesen werden. Dabei genügt nur eines der Kriterien für einen hohen Gefährdungsgrad aus Abbildung 2 um den Patienten über einen Schockraum zur Aufnahme zu bringen.

Ein weiteres Kernanliegen des Weißbuchs wurde in der Transportzeit formuliert: "Bei lebensbedrohlichen Zuständen oder einer zu erwartenden Transportzeit von mehr als 30 Minuten zwischen Unfallort und regionalem/überregionalem TraumaZentrum soll die nächstgelegene Versorgungseinheit des regionalen TraumaNetzwerkes® angefahren werden. Dies kann und muss auch eine Einrichtung der Basisversorgung zur Behandlung von Schwerverletzten sein."⁷⁷

Es gibt keine anderen vergleichbaren Studien, die das Zuweisungsverhalten der Notärzte bei Polytrauma vor und nach Etablierung eines Traumanetzwerkes untersucht haben. Bislang kann eine Änderung in der Patientenverteilung nach Etablierung eines Netzwerkes nur angenommen werden. Zu der Art des Transportes und der Mortalität bzw. dem Outcome nach Einführung eines Traumanetzwerkes gibt es hingegen mehrere Studien. Keine davon untersuchte allerdings, ob denn für eine ländliche Region - um die es bei der Gründung der Traumanetzwerke ja vor allem geht - die Versorgung von Schwerverletzten auch in der breiten Fläche verändert wurde. Studien, die sich auf das TraumaRegister DGU beziehen, beinhalten oft Daten für Gesamtdeutschland inklusive der urbanen Regionen und Millionenstädte. Hier ist ein Netzwerk zwar sicherlich hilfreich aber nicht so essentiell wie in einer ländlichen Region mit dünner Besiedelung und geringer Klinikdichte.

Es ist also von hohem wissenschaftlichen Interesse ob durch Einführung eines Traumanetzwerkes eine der Kernforderungen des Weißbuchs der Schwerverletztenversorgung umgesetzt wurde, nämlich die Optimierung der Zuweisungen schwerverletzter Patienten in die unterschiedlichen Kliniken.

Man erhofft sich durch Traumanetzwerke eine nachvollziehbarere und sinnvollere Verteilung der Patienten und eine bessere Nutzung von Ressourcen. Man erhofft sich ebenfalls, dass der Patient, der dann in die richtige Klinik kommt, ein besseres Outcome hat. Nun stellt sich die Frage, ob zum einen die Patientenzuweisungen durch Etablierung des TNO anders geworden sind, also die Idee umgesetzt wurde. Zum anderen muss geprüft werden, ob das Outcome der Patienten nun tatsächlich besser ist. Auch die Quote an Weiterverlegungen sollte hier als Outcomeparameter angesehen werden.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich folgende, dieser Arbeit zugrundeliegende Fragestellung:

Wie gestaltet sich der Einfluss des TraumaNetzwerkes Ostbayern auf die Patientenverteilung bezüglich der primär aufnehmenden Kliniken unter Berücksichtigung des Transportmittels?

2 Material und Methoden

2.1 Datenerhebung

2.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Diese Arbeit schließt schwerverletzte Patienten ein, die im Erhebungszeitraum im TraumaNetzwerk Ostbayern primär in eine Klinik aufgenommen wurden.

Im Speziellen zählen dazu, angelehnt an die Einschlusskriterien des TraumaRegisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)^{10,48}:

- Die Behandlungsursache des Patienten war ein Trauma.
- Der Patient wurde in einem Schockraum eines TraumaZentrums des TraumaNetzwerkes Ostbayern (TNO) behandelt.
- Zusätzlich zu den Kriterien der DGU wurden nur Patienten mit einem ISS ≥ 16 eingeschlossen.

Patienten, die zuverlegt wurden, sind ausgeschlossen worden. Begründet ist dieser Ausschluss dadurch, dass die primäre Notfallversorgung und die Zuweisung in ein Krankenhaus durch den Notarzt dann bereits erfolgt war.

2.1.2 Erhebungszeitraum

Zur Untersuchung, ob durch das TNO eine Änderung im Zuweisungsverhalten der Notärzte zu erkennen ist, werden zwei Zeiträume (Phasen) betrachtet: der erste Zeitraum, im Folgenden "vor TNO" genannt, bezieht sich auf die Jahre 2006 und 2007 in denen das TNO noch nicht existierte. Der zweite Zeitraum, 2010 bis 2011, genannt "nach TNO", ist die Zeit ohne Einbezug der ersten Findungsphase (2008-2009) des Netzwerkes mit tatsächlicher Zusammenarbeit im Netzwerk. Dabei wurden alle Patienten eingeschlossen, die zwischen dem 01.01.2006 und 31.12.2007, sowie zwischen dem 01.01.2010 und 31.12.2011 verunglückten.

2.1.3 Erhebungskliniken und Erhebungsgebiet

Die Datenerhebung erfolgte im Einzugsbereich des TraumaNetzwerkes Ostbayern der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Mit Ostbayern werden die bayerischen Regierungsbezirke Niederbayern und Oberpfalz bezeichnet, die an Tschechien und Österreich angrenzen. Das Gebiet ist hauptsächlich ländlich geprägt mit Regensburg als größter Stadt mit 145.465 Einwohnern. Neben Regensburg gibt es mit Landshut, Passau, Straubing, Amberg, und Weiden fünf weitere kreisfreie Städte. Daneben zu nennen sind die Kreisstädte Neumarkt, Deggendorf und Schwandorf. Es leben insgesamt 2,3 Millionen Menschen im Erhebungsgebiet, das eine Fläche von ca. 20.000 km² umfasst. Die Besiedelung in diesem Gebiet ist mit 115 Einwohnern je km² sehr dünn, verglichen beispielsweise mit Nordrhein-Westfalen (978 Einwohner je km²). Ostbayern zählt somit neben Mecklenburg-Vorpommern (69 Einwohner je km²) und Brandenburg (84 Einwohner je km²) zu den am geringsten besiedelten Regionen Deutschlands.⁸

Die Hauptverkehrsachsen der Region sind vier Autobahnen, sowie 12 Bundesstraßen. Besonders prägend für das TraumaNetzwerk Ostbayern ist die Region des bayerischen Waldes nordöstlich des Donauverlaufs. Hier befinden sich überwiegend Land- und Bundesstraßen (siehe Abbildung 3), sowie teilweise schwer zugängliche Gebiete.



Abbildung 3: Die Region Ostbayern, Überblick über die Verkehrsinfrastruktur, Quelle: mr-kartographie, Gotha, 2018

Die Erhebungskliniken sind alle im Erhebungszeitraum teilnehmenden Kliniken des TNO. Eine Übersicht mit Verteilung der Kliniken im Erhebungsgebiet gibt Abbildung 3 und Tabelle 1. Im Rahmen der Studie wurden diese Kliniken allesamt von einem Doktorandinnenteam besucht. Insgesamt nahmen im Erhebungszeitraum 25 Kliniken in Ostbayern teil. Es werden 3 unterschiedliche Arten von TraumaZentren unterschieden: lokale (=LTZ), regionale (=RTZ) und überregionale TraumaZentren (=ÜTZ), ungefähr entsprechend einem Krankenhaus der Grund- und Regelversorgung, der Schwerpunktversorgung und der Maximalversorgung. Dabei nahmen die LTZ den Großteil aller TraumaZentren (TZ) mit 14 Kliniken, gefolgt von den RTZ mit 9 Kliniken ein. Die Ressource ÜTZ gab es nur in Regensburg mit 2 Kliniken.

Tabelle 1: Teilnehmende Kliniken des TraumaNetzwerkes Ostbayern, Stand 01.01.2012 ¹¹		
Überregionale TraumaZentren (ÜTZ)	Regionale TraumaZentren (RTZ)	Lokale TraumaZentren (LTZ)
Klinikum der Universität Regensburg	Klinikum Amberg	Kreiskrankenhaus Burglengenfeld
Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Regensburg	Klinikum Deggendorf	Kreiskrankenhaus Cham
	Kreiskrankenhaus Eggenfelden	Kreiskrankenhaus Dingolfing
	Klinikum Landshut	Kreiskrankenhaus Freyung
	Kreiskrankenhaus Landshut-Achdorf	Goldberg-Klinik Kelheim
	Klinikum Neumarkt	Kreiskrankenhaus Mallersdorf-Pfaffenberg
	Klinikum Passau	Klinikum Fichtelgebirge Marktredwitz
	Klinikum St. Elisabeth Straubing	Krankenhaus Sankt Josef Regensburg
	Klinikum Weiden	Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Schwandorf
		Kreiskrankenhaus Viechtach
		Kreiskrankenhaus Vilsbiburg
		Kreiskrankenhaus Vilshofen
		Kreiskrankenhaus Waldkirchen
		Kreiskrankenhaus Zwiesel
n=2	n=9	n=14

Jedem TraumaZentrum kommt innerhalb des Netzwerkes eine bestimmte Aufgabe zu. Während die LTZ vor allem die chirurgische Notfallversorgung von Schwerverletzten in der Fläche abdecken sollen, sind die ÜTZ zur umfassenden, definitiven Versorgung jedweder Verletzung und Verletzungsschwere in der Lage. Darüber hinaus müssen die ÜTZ eine Übernahme aus den anderen TZ des Netzwerkes garantieren und entsprechende Intensiv- und OP-Kapazitäten vorhalten.

Regionale TraumaZentren sollen vor allem Schwerverletzte jeden Alters und mit höherer Verletzungsschwere behandeln können. Sie sind darüber hinaus auch verpflichtet bestimmte Fachdisziplinen in einer 24-Stunden Bereitschaft vorzuhalten. Alle TraumaZentren des Netzwerkes sind zur Mit- und Weiterbehandlung im Verbund und zur Dokumentation ihrer schwer verletzten Patientenfälle in das TraumaRegister der DGU zum Qualitätsmanagement verpflichtet.⁷⁷ Einen Überblick zu den verschiedenen Anforderungen an die TZ gibt Abbildung 4.

Tab. 3 Personelle Ausstattung des Basisteam zur Schwerverletztenversorgung in Abhängigkeit von der Versorgungsstufe der Klinik			
Fachrichtung	Überregionales TZ	Regionales TZ	Basisversorgung
Teamleiter: FA für Chirurgie bzw. Orthopädie/Unfallchirurgie mit Zusatzweiterbildung spezielle Unfallchirurgie	muss (spätestens mit dem Schwerverletzten anwesend)	muss (spätestens mit dem Schwerverletzten anwesend)	muss (spätestens mit dem Schwerverletzten anwesend) zumindest FA Orthopädie/ Unfallchirurgie oder FA Chirurgie
WBA für Orthopädie/Unfallchirurgie oder Viszeralchirurgie oder Allgemeine Chirurgie	muss	muss	muss
FA für Anästhesiologie	muss	muss	muss
WBA für Anästhesiologie	muss	muss (spätestens mit dem Schwerverletzten anwesend)	muss (spätestens mit dem Schwerverletzten anwesend)
FA Radiologie	muss in Rufbereitschaft sein und zeitnah zum Schwerverletzten eintreffen	muss in Rufbereitschaft sein und zeitnah zum Schwerverletzten eintreffen	muss in Rufbereitschaft sein und zeitnah zum Schwerverletzten eintreffen / bzw. Telemedizin
Neurochirurgie	muss – Gewährleistung NC-Kompetenz für 24 h/365 Tage	muss – Gewährleistung NC-Kompetenz für 24 h/365 Tage	nicht gefordert
FA Viszeralchirurgie	muss – Gewährleistung Viszeralchirurgische Kompetenz im Haus für 24 h/365 Tage	muss – Gewährleistung Viszeralchirurgische Kompetenz 24 h/365 Tage	FA Chirurgie
Pflegerkräfte	2 Pflegekräfte Notaufnahme (24 h)	2 Pflegekräfte Notaufnahme	1 Pflegekraft Chirurgie
	1 Pflegekraft Anästhesie	1 Pflegekraft Anästhesie	1 Pflegekraft Anästhesie
	1 MTRA	1 MTRA	1 MTRA
	1 Transportpersonal	1 Transportpersonal	
Zentrale Rufnummer dann Hausalarm	muss Zentrale Rufnummer, dann Hausalarm	muss Zentrale Rufnummer, dann Hausalarm	muss Zentrale Rufnummer, dann Hausalarm

TZ Traumazentrum, FA Facharzt, WBA Weiterbildungsassistent, NC Neurochirurgie, MTRA Medizinisch-technische Röntgenassistentin

Abbildung 4: Personelle Ausstattung des Basisteam zur Schwerverletztenversorgung in Abhängigkeit von der Versorgungsstufe der Klinik. Kopiert aus 12

Jedes TraumaZentrum verfügt somit über ein Schockraum-Basisteam, das den Patienten im Bestfall bereits erwartet. Es besteht mindestens aus einem Teamleiter (Facharzt für Orthopädie/Unfallchirurgie oder Facharzt für Chirurgie) mit chirurgischem Weiterbildungsassistenten, einem Facharzt für Anästhesiologie mit Weiterbildungsassistenten, sowie jeweils einer Pflegekraft für Chirurgie und Anästhesie. Eine medizinisch-technische Röntgenassistent/in ist ebenso gefordert wie ein Facharzt für Radiologie, der zumindest in Rufbereitschaft ist und zeitnah zum Schwerverletzten eintreffen kann.

Regionale und überregionale TZ müssen darüber hinaus weiteres Personal für das Schockraum-Team in der Pflege und bei den Ärzten vorhalten. Ab Einstufung als RTZ muss eine 24-Stunden verfügbare neurochirurgische und viszeralchirurgische Kompetenz gewährleistet sein.⁷⁷

Neben den Empfehlungen zur Personalaufstellung gibt das Weißbuch auch Richtlinien für räumliche Ausstattungen ab Stufe regionales TraumaZentrum. Ein Schockraum soll hier mindestens 25-50 m² groß sein und bestenfalls einen Computertomographen in unmittelbarer Nähe haben. Die Möglichkeit einer Narkoseeinleitung- und Aufrechterhaltung muss ebenso bestehen wie eine Möglichkeit für Notfalleingriffe mit den bereits vor Ort gelagerten notwendigen OP-Sieben. ÜTZ müssen darüber hinaus 2 Schwerverletzte gleichzeitig versorgen können, mit entsprechend 2 Schockräumen und 2 Intensivbetten die ständig für Schwerverletzte vorgehalten werden.⁷⁷

Die Einstufung der Kliniken in die verschiedenen Arten von TraumaZentren erfolgt anhand eines Zertifizierungsprozesses, der die oben genannten Kriterien mit berücksichtigt. Eine Teilnahme an Studien (für RTZ und ÜTZ) bzw. aktive Forschung, fachspezifische Aus- und Weiterbildung kennzeichnen die ÜTZ. Sie sind die kostenintensivste und versorgungshöchste Instanz des regionalen TraumaNetzwerkes und müssen alle medizinischen Fachdisziplinen vorhalten und eine definitive Versorgung mehrerer Schwerverletzter garantieren.

Rettungsmittel im TraumaNetzwerk Ostbayern

Der Hauptanteil der Schwerverletzten wurde zu ungefähr zwei Dritteln bodengebunden mit Notarzt (Boden-NA oder bodengebunden) transportiert. Die Luftrettung (Luft-NA oder RTH) war mit einem Drittel vertreten.

In Ostbayern gibt es 3 Luftrettungsstationen: In Weiden und in Straubing befindet sich ein Rettungshubschrauber, der von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang einsatzbereit ist. Der Standort Regensburg verfügt darüber hinaus über einen 24-Stunden einsatzbereiten „Dual-Use“ Hubschrauber, der sowohl für Intensiv- als auch für Rettungstransporte genutzt werden kann. Für das Gebiet des TNO gibt es zusätzlich noch einen RTH in Bayreuth, Ingolstadt, Nürnberg sowie den Christoph Europa 3 aus Suben in Österreich, der Patienten aus der Grenzregion zubringen kann. Helikopter mit Nachtflugerlaubnis gibt es für Bayern in Regensburg, Nürnberg und München. Das Gebiet des TNO ist somit von der Luftrettung tagsüber bei einem potenziellen Einsatzradius von 60-70 km fast gänzlich abgedeckt.⁹

2.1.4 Erhebungsteam

Es sollten möglichst alle schwerverletzten Patienten aller 25 teilnehmenden Kliniken des TNO erfasst werden. Da dies für einen Doktoranden/in eine nicht zu bewältigende Aufgabe gewesen wäre, gab es hierzu ein Team von 3 Doktorandinnen, die jede Klinik einzeln besuchten.

2.1.5 Erhebungsablauf

Jede der 25 Kliniken wurde von einer Doktorandin besucht. Vor Ort wurden Schockraumbücher mit Patientenfällen im Erhebungszeitraum 01.01.2006-31.12.2007 durch die Doktorandin durchgesehen und nach bestimmten Schlagwörtern wie "Polytrauma", "Verkehrsunfall", "Sturz", "Suizid", "Schuss- und Stichverletzung" und "Strom- und Ertrinkungsunfälle" durchgesehen. Dabei wurde auch ungewöhnlichere Notizen in den Schockraumbüchern wie zum Beispiel "Landwirtschaftsunfall" oder "Maschinenunfall" nachgegangen. Jeder Patientenfall mit seiner kurzen Notiz im Schockraumbuch, die auf eine schwere Verletzung hindeuten könnte, wurde dabei mit aufgenommen. Falls in einer Klinik kein Schockraumbuch geführt wurde, wurde auf Notaufnahmebücher zurückgegriffen. Für den Zeitraum 01.01.2010-31.12.2011 dokumentierten die Kliniken dann bereits selbst in das TraumaRegister DGU, da dies auch eine der Voraussetzungen zur Teilnahme in einem TraumaNetzwerk ist.⁷⁷

Jeder auf diese Weise gesichtete Patientenfall wurde dann über das jeweilige klinikinterne Informationssystem (KIS) gesucht. Anhand von den elektronisch hinterlegten Diagnosen wurde dann ein ISS-Wert durch die Doktorandin ermittelt und die Patientenakte aus dem Archiv der Klinik durchgesehen, falls der ISS größer 15 war.

Mit Hilfe des KIS und der Patientenakte wurde der Erhebungsbogen des TraumaRegisters der DGU bestmöglich ausgefüllt (Abbildung 5).¹³ Da die Datenerhebung für die Phase vor TNO retrospektiv anhand der Aktenlage vorgenommen werden musste, konnten manche Bereiche, insbesondere Zeiten, nicht immer befüllt werden. Eine Angabe zum Unfallhergang, zum Transportmittel und zu Verletzungsmustern war fast immer vorhanden.

Der Erhebungsbogen gliedert sich in die 5 Rubriken Stammdaten, Präklinik, Notaufnahme, Intensivstation und Outcome. In der Rubrik Stammdaten wurde das Geschlecht, Alter, der Unfallhergang und Zeitpunkt sowie Zuverlegungen erfasst.

Die Rubrik Präklinik beinhaltet die Art des Transportmittels (Bodengebunden mit oder ohne Notarzt, luftgebunden, privat/selbst) und präklinische Maßnahmen wie Intubation, Reanimation, Volumengabe, Glasgow-Coma-Scale und die Vitalparameter Blutdruck und Atemfrequenz. In der Rubrik Notaufnahme konnten erforderliche Daten nur schwierig retrospektiv erhoben werden, da diese oftmals nicht mit Zeitpunkt in der Patientenakte vermerkt wurden. Hier wurden Ankunftszeit, Notfalloperationen, erfolgte Diagnostik (mit Zeitangabe falls vorhanden), Einsatz von Blutprodukten und Labor- und Vitalparameter erfasst. Die Dauer über eine Behandlung auf der Intensivstation mit oder ohne Beatmung wurde in Rubrik C Intensivstation eingetragen. Die letzte Rubrik des Erhebungsbogens beinhaltet Daten zur Entlassung des Patienten (Zeitpunkt und wohin) sowie zu seinem Zustand (gut erholt, mäßig behindert, schwer behindert, nicht ansprechbar/vegetativ). Zusätzlich ist dort Platz zur Eintragung aller Diagnosen, die unmittelbar mit dem Trauma assoziiert sind.

Die Abbildung 5 zeigt den genutzten Erhebungsbogen.

2.2 Dateneingabe und Datenbanken

Nach erfolgter Sichtung und Erfassung der Patientenfälle anhand der Patientenakte und des Erhebungsbogens des TraumaRegisters der DGU wurden die Daten online im internen Bereich des TraumaRegisters der DGU eingegeben. Die Eingabe erfolgte dabei anonymisiert.

2.2.1 TraumaRegister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie

Das TraumaRegister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie existiert bereits seit 1993 und wurde von der Arbeitsgruppe "Polytrauma" der DGU gegründet. Es soll ein Instrument zur Qualitätssicherung der teilnehmenden Kliniken sein und finanziert sich aus deren Beiträgen. Dabei kann es auch als Grundlage für wissenschaftliche Forschung genutzt werden.¹⁴

Das TraumaRegister ist im Wesentlichen eine webbasierte Datenbank, in die Daten von Schwerverletzten durch die Kliniken in anonymisierter Form eingegeben werden können. Eingegeben werden können alle Patienten, die das Krankenhaus lebend erreichten und die eine Schockraumbehandlung und Intensivbehandlung erhielten. Patienten, die vor Aufnahme auf die Intensivstation verstarben, können ebenfalls dort erfasst werden. Eine Teilnahme ist für alle TraumaZentren des TraumaNetzwerkes DGU verpflichtend, dennoch können aber prinzipiell auch alle anderen Kliniken teilnehmen. Jedes Krankenhaus erhält jährlich einen individuellen Jahresbericht zu Zwecken der Qualitätssicherung.¹⁵

2.2.2 IBM SPSS Statistics

IBM SPSS Statistics ist ein modulares Statistik- und Datenanalyseprogramm, das eine statistische, sowie graphische Auswertung und Analyse von Daten anhand von statistischen Verfahren ermöglicht.^{16,17}

Neben den erhobenen Variablen des Erhebungsbogens der DGU fanden sich in der zur Datenanalyse genutzten SPSS-Datendatei noch weitere errechnete Variablen. Zudem erfolgten anhand der erhobenen Variablen noch weitere Berechnungen wie z.B. das Patientenalter zum Unfallzeitpunkt. Somit waren für die meisten Patientenfälle über 300 Variablen vorhanden.

Dabei enthielten die Variablen vor allem Daten zur Verletzungsschwere, dem Transportmittel und den Zielkliniken aus den Rubriken S, A und B des Erhebungsbogens des TraumaRegisters.

2.2.3 Validität der Daten

Um Fehler bei der Dateneingabe zu vermeiden, wurde jede Doktorandin persönlich in den Umgang mit dem Erhebungsbogen und die Eingabemaske des TraumaRegisters eingearbeitet. Das TraumaRegister selbst führte zudem bereits bei der Eingabe von Daten interne Plausibilitätskontrollen durch.

Sicherlich negativ auf die Datenqualität wirkte sich die retrospektive Datenerhebung für die Phase vor TNO aus, in der bei fehlenden Notarztprotokollen ein Teil der Informationen aus Arztbriefen entnommen werden mussten. Auch die Phase nach TNO, in der die Kliniken selbst in das TraumaRegister dokumentierten, bietet Fehlerpotential, da dies in einigen Fällen nicht von einer Fachkraft, sondern von verschiedenen Weiterbildungsassistenten vorgenommen wurde. Möglicherweise wurde hier aber auch

durchaus detaillierter und genauer dokumentiert als dies mit den retrospektiv erhobenen Daten der Phase vor TNO möglich war.

2.3 Scoring-Systeme und Definitionen

Scoring-Systeme, oder auch "Scores" genannt, sind in der Medizin weit verbreitet. Sie bieten eine Einschätzung und Einstufung des Patienten und helfen dabei Therapieentscheidungen zu treffen. In Bezug auf schwerverletzte Patienten dienen sie vor allem dazu objektiv den Schweregrad einer Verletzung abzuschätzen, Mortalitätsprognosen zu geben und Patienten im wissenschaftlichen Setting vergleichbar zu machen.

2.3.1 Abbreviated Injury Scale

Die Abbreviated Injury Scale ist eine 1968 erstmals vorgestellte Methode zur Bewertung einer Verletzung bezüglich ihres Letalitätsrisikos. Das Ziel der AIS sollte sein, unterschiedliche Verletzungen vergleichbar zu machen und eine Verletzungsschwere bezüglich des Endpunktes Tod abschätzen zu können.^{18,19}

Sie wurde von der in der Unfallforschung tätigen "Association for the Advancement of Automotive Medicine" (kurz AAAM) entwickelt und beinhaltete zunächst nur wenige Codierungen für einzelne Verletzungen. Die Codierungsgrade reichten dabei von 0 (unverletzt) bis 5 (kritisch, überleben ungewiss). 1976 wurde das erste Code-Buch zur AIS herausgegeben. Darin waren nun auch Codierungen von Schweregrad 6 (nicht mit Überleben vereinbar/nicht behandelbar) und 9 (Schwere unbekannt) für einzelne Verletzungen angegeben.

Seither wurde die AIS laufend weiterentwickelt und überarbeitet. Heute ist sie in der aktuell 5. Revision von 2008 mit ca. 2000 codierten Verletzungen gültig und wird weltweit zur Beschreibung von Traumata herangezogen.^{20,21,22,23,24}

Jede Verletzung einer Person wird durch die AIS beschrieben und einem 7-stelligen numerischen Code zugeordnet. Dabei ist die letzte Ziffer, durch einen Punkt von den ersten 6 abgetrennt, die eigentliche Schweregradeinteilung nach AIS. Die ersten 6 Ziffern geben Rückschlüsse über die anatomisch verletzte Struktur und Region, sowie die Art der Verletzung.^{22,25} Beispielhaft ist dies in Tabelle 2 angeführt.

Der AIS-Code erlaubt somit Rückschlüsse auf die Verletzungsschwere und über die Überlebenschancen einer einzelnen Verletzung und macht sie mit anderen vergleichbar.²² Zum Beispiel ist eine große Subduralblutung mit einem AIS von 5 bezüglich ihres Letalitätsrisikos vergleichbar mit einer offenen Beckenringverletzung Typ C mit einem AIS 5.

Die AIS ist für die Grade 0-6 ordinal skaliert, eine Verletzung kann nur innerhalb derselben Verletzungsklasse verglichen werden. Es kann keine Aussage zu der Größe des Unterschiedes zwischen den Verletzungsklassen gemacht werden: Eine Verletzung der Klasse 2 hat nicht dasselbe Letalitätsrisiko wie zwei Verletzungen aus Klasse 1. Durch den 1976 hinzugefügten AIS-Code 9 für eine unbekannte Verletzungsschwere verlor die AIS aber ihre Ordinalskalierung.^{20,23}

Es ist dennoch nicht möglich mithilfe der AIS auf das Gesamtlebetsrisiko einer mehrfach verletzten Person zu schließen, da diese nur die Betrachtung von Einzelverletzungen zulässt. Sie erwies sich aber als sehr valide Proxyvariable für die Schwere einer

Verletzung und ist daher Grundlage zur Berechnung anderer verbreiteter Polytrauma-Scores und Definitionen.^{21,26}

Aus diesem Grund wurde 1980 die Maximum-AIS (MAIS) von States et al. vorgeschlagen, die eine Gesamtverletzungsschwere angeben können soll. Dabei wird der höchste AIS-Wert des Patienten betrachtet und eine Letalitätsprognose abgegeben. Der Zusammenhang zwischen MAIS und Letalität erwies sich aber als nicht linear, sodass andere Methoden, wie der Injury Severity Score (ISS), zur Einschätzung der Verletzungsschwere bei polytraumatisierten Patienten valider sind.^{21,26}

Tabelle 2: AIS-Code mit Bedeutung und Beispielverletzungen			
AIS	Beschreibung	Beispielverletzung	AIS-Code komplett
1	minor (gering)	Fraktur eines Fingers Commotio cerebri	772599.1 161001.1
2	moderate (ernst)	Fraktur von 2 Rippen Fraktur der Tibia, geschlossen	450202.2 854000.2
3	serious (schwer)	Fraktur von 3-5 Rippen, instabiler Thorax unilateral Amputation Unterschenkel bis Knie	450211.3 811003.3
4	severe (sehr schwer)	Fraktur >5 Rippen, instabiler Thorax unilateral Amputation Bein oberhalb Knie	450213.4 811002.4
5	critical (kritisch)	Spannungspneumothorax instabile Beckenringfraktur Typ C mit Blutverlust > 20% des Blutvolumens im Körper	442204.5 856173.5
6	Nicht behandelbar	kompletter Leberabriss Durchtrennung Hirnstamm	541830.6 140212.6

2.3.2 Injury Severity Score

Von Susan Baker et. al. wurde 1974 eine Scoring-Methode vorgeschlagen, die, basierend auf dem AIS-Code, eine Beurteilung der Gesamtverletzungsschwere und Letalitätsrisiko einer mehrfachverletzten Person ermöglicht. Grundlage für die Berechnung des ISS bildet der AIS-Code mit seiner Codierung für Einzelverletzungen.^{26,27}

Der ISS wird aus der Quadratsumme der drei Körperregionen mit dem höchsten AIS-Wert und deren Addition errechnet. Für den ISS werden 6 Körperregionen betrachtet: Kopf mit Nacken und Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten mit knöchernem Becken, sowie Weichteile und Sonstiges (Tabelle 3). Er kann dabei einen Wert zwischen 0 und 75 annehmen. Das Letalitätsrisiko nimmt dabei mit steigenden ISS-Werten zu. Zeigt ein Patient eine Verletzung mit einem AIS-Wert von 6, so wird der ISS definitionsgemäß auf den Wert von 75 gesetzt. Bei unbekannter Verletzungsschwere (AIS 9) ist eine Berechnung des ISS nicht möglich.²⁶

Der ISS ist im Zusammenhang mit Polytraumata weit verbreitet und bildet für viele Polytraumadefinitionen die Grundlage. In der Literatur wird häufig ein ISS von ≥ 16 einem Polytrauma zugeordnet.^{28,48} Der ISS bildete auch für diese Arbeit eines der Einschlusskriterien.

1997 wurde von Osler et al. eine Modifikation des ISS vorgeschlagen, die einen besseren Zusammenhang zwischen tatsächlicher Verletzungsschwere und deren Klassifikation herstellen sollte, der New Injury Severity Score (NISS). Er sollte eine Schwäche des ISS

beheben: Der ISS berücksichtigt definitionsgemäß bei mehreren Verletzungen einer Region nur die höchste. In den NISS dagegen gehen die 3 höchsten AIS-Werte des Patienten unabhängig von ihrer Verletzungsregion ein (Tabelle 4). Man erhoffte sich dadurch einen präziseren Zusammenhang zwischen Verletzungsschwere und Letalitätsrisiko und somit größeren Nutzen des NISS.²⁹ In mehreren Studien wurde eine, wenn auch geringe, Überlegenheit des NISS gegenüber dem ISS beobachtet. Trotzdem hat sich der NISS bisher in der Literatur nicht vollkommen durchsetzen können. Auch im Jahresbericht des TraumaRegisters findet der NISS kaum Anwendung.^{29,30,31,32,33,48}

Gesicht	Thorax
Abdomen	Nacken, Kopf, Hals
Sonstige, Weichteile	Extremitäten, Becken

ISS=	Quadratur der drei höchsten AIS-Werte	aus den drei am Schwersten verletzten Körperregionen	addiert	ergibt Ergebnisse von 0-75
NISS=		unabhängig von der verletzten Körperregion		
AIS-Wert von 6 ergibt definitionsgemäß den höchsten ISS mit 75 Punkten				

2.3.3 Revised Injury Severity Classification Score

Der Revised Injury Severity Classification Score (RISC) wurde basierend auf Daten von ca. 1.200 schwerverletzten Patienten, die zwischen 1993 und 2000 in das TraumaRegister der DGU eingegeben wurden, von Prof. Lefering entwickelt.

Lefering fand durch den RISC eine Möglichkeit, die Letalitätswahrscheinlichkeit (in Prozent) exakter vorherzusagen, als dies bislang mit ISS, NISS oder TRISS möglich war. Seine Ergebnisse wurden in mehreren Studien überprüft und mit neuen Daten aus dem TraumaRegister validiert. Seit 2004 hat der RISC den Trauma and Injury Severity Score (TRISS) im TraumaRegister abgelöst.^{34,35,36,39,48}

Ein besonderer Vorteil des RISC ist, dass beobachtete Letalitätsraten mit den vorhergesagten verglichen werden können und somit auch verschiedene Kliniken mit unterschiedlich schwer verletzten Patienten miteinander vergleichbar werden.³⁴

Umgekehrt lässt der RISC auch auf die Überlebenswahrscheinlichkeit schließen. In dieser Arbeit wurde hauptsächlich mit der Überlebenswahrscheinlichkeit nach RISC gearbeitet. Fälle, in denen mit dem RISC die Letalitätswahrscheinlichkeit untersucht wird, werden mit RISC_{mort} gekennzeichnet.

Der RISC berechnet sich aus 11 beim Patienten erhobenen, verschiedenen Parametern (Tabelle 5), die, im Gegensatz zum ISS beispielsweise, auch physiologische Parameter enthalten. Dass das Überleben eines Patienten, bzw. seine Sterblichkeit, nicht nur von der Verletzungsschwere, sondern auch von der physiologischen Reaktion darauf abhängt, konnte bereits in der Major Trauma Outcome Study beobachtet werden.⁴⁷ Der TRISS berücksichtigte zwar auch physiologische Parameter, die allerdings eine große

Streuung von Werten hatten. Auch der zu geringe Einfluss von Kopfverletzungen wurde häufig kritisiert.^{37,38,39}

Tabelle 5: Überblick über die 11 Parameter des RISC			
1	Alter (in 4 Gruppen)	7	Base Excess der 1. Blutgasanalyse (in 2 Gruppen)
2	NISS	8	partielle Thromboplastinzeit (PTT) in 4 Gruppen
3	präklinische Reanimation	9	Glasgow Coma Scale (in 2 Gruppen)
4	Gabe von Blutprodukten > 9 Einheiten	10+11	Grad der Kopfverletzung (in 3 Gruppen) und Extremitätenverletzung (in 2 Gruppen) nach AIS-Wert
5	Blutdruck systolisch > 90mmHg		
6	Hämoglobin-Wert < 9 mg/dl		

Ein Problem des RISC jedoch ist der Umgang mit fehlenden Werten. Während Alter und AIS-Werte immer vorhanden waren (zwingend erforderlich für Dateneingabe im TraumaRegister und die Errechnung des RISC), wurden initiale Laborwerte wie Base Excess, Hämoglobin und partielle Thromboplastinzeit seltener dokumentiert bzw. konnten retrospektiv nicht für die Phase vor TNO gefunden werden. In solchen Fällen wurden dann fehlende Werte durch eine Proxyvariable ersetzt oder der Score, falls auch Letzteres nicht möglich war, mit einer reduzierten Anzahl an Variablen neu berechnet. Je weniger Parameter in die Berechnung eingehen, desto weniger valide ist verständlicherweise der RISC. Fehlten mehr als die Hälfte der Parameter so war eine Berechnung des RISC unmöglich.³⁴

Eine weitere Schwäche des RISC war, bei allen genannten Vorteilen, jedoch auch, dass die Letalitätsprognosen des RISC oft um 2% höher als die tatsächlich beobachteten lagen. Um diesen Schwächen des RISC zu begegnen wurde 2014 von Lefering et. al. der RISC II publiziert.⁴⁰

Der RISC II beinhaltet 14 Parameter (siehe Tabelle 6) und kann auch noch bei 20% fehlenden Werten berechnet werden. Je mehr Werte vorhanden sind, desto genauer kann auch eine Prognose erfolgen; dennoch ist der RISC II auch bei fehlenden Werten relativ präzise. Im Vergleich mit RISC und TRISS liefert der RISC II deutlich präzisere Ergebnisse und wird seither im TraumaRegister verwendet.⁴⁰

Für diese Arbeit jedoch existierte der RISC II noch nicht, sodass hier nur der RISC zur Anwendung kam.

Tabelle 6: Überblick über die Parameter des RISC II			
1	höchster und zweithöchster AIS-Wert	8	motorischer Wert der GCS**
2	Kopf AIS-Wert	9	Traumaart (stumpf/penetrierend)
3	Alter	10	initialer systolischer Blutdruck
4	Geschlecht	11	INR***
5	ASA-Score vor Trauma*	12	Base Excess
6	Pupillenreaktion	13	Hämoglobin-Wert
7	Pupillengröße	14	Reanimation

*ASA-Score: American Society of Anesthesiologists Score, ** GCS: Glasgow Coma Scale, *** INR: International normalized ratio

2.3.4 Glasgow Coma Scale

Der Glasgow Coma Scale (GCS) wurde erstmals 1974 von Teasdale et. al. beschrieben. Er ist ein immer noch weltweit angewendetes Instrument zur Verlaufsbeobachtung von bewusstseinsgetrübten Patienten und hat sich präklinisch zur quantitativen Einstufung von Bewusstseinsstörungen bei Schädel-Hirn-Traumata durchgesetzt.^{41,42,43}

Der GCS wird für 3 Bereiche, Augenöffnung, motorische Antwort und verbale Leistung erhoben. Der Patient soll dafür für jeden Bereich definierte Anweisungen ausführen (Tabelle 7). Je nachdem, inwieweit er dem nachkommen kann, wird für jeden Bereich ein Punktwert verteilt und anschließend die Summe gebildet. Der GCS kann dabei einen Wert zwischen 3 und 15 einnehmen. Anhand des GCS können somit Aussagen zu 3 Parametern gemacht werden. Einerseits erlaubt er die Einteilung in Schweregrade für das Schädel-Hirn-Trauma (meist gebräuchlich: leicht 15-13, mittelschwer 12-9 und schwer 8-3) und ist somit hinweisgebend für Therapieentscheidungen. Andererseits kann mithilfe des GCS eine Prognose zum Outcome und eine quantifizierte Verlaufsbeobachtung erfolgen. Ein Ausmaß des Schadens des Hirnparenchyms kann durch den GCS aber nicht wiedergegeben werden.^{41,42,43}

Problematisch ist eine Erhebung des GCS bei intubierten oder reanimationspflichtigen Patienten. Für solche Situationen wurden verschiedene Vorgehensweisen in der Literatur diskutiert, jedoch finden diese nur uneinheitlich Verwendung und erlauben keinen zuverlässigen prädiktiven Wert des GCS mehr.^{42,44,45,46}

Tabelle 7: Ermittlung der GCS			
Punktwert	Bewusstseinsqualität		
	Augenöffnung	verbale Leistung	motorische Antwort
6			gezielt auf Aufforderung
5		orientiert	gezielt auf Schmerz
4	spontan	verwirrt	ungezielte Abwehr auf Schmerz
3	auf Ansprechen	inadäquat ("Wortsalat")	Beugesynergismen (Dekortikationshaltung)
2	auf Schmerz	unverständliche Laute	Strecksynergismen (Dezerebrationshaltung)
1	keine Antwort	keine Antwort	keine Antwort

2.4 Verwendete Programme und statistische Auswertung

Zur Erstellung von Grafiken und Tabellen wurde SPSS und das Textverarbeitungsprogramm Microsoft Word verwendet. Für oben aufgeführte Scores wurden manche, einfachere Werte bereits durch das TraumaRegister ausgegeben (wie z.B. Berechnung des Alters aus Geburtsdatum und Unfalldatum). Ansonsten erfolgte die Ausgabe der Daten aus dem TraumaRegister bereits in einem SPSS-kompatiblen Datensatz.

Die endgültige statistische Auswertung aller Daten erfolgte durch SPSS, Version 23. Dabei wurden verschiedene Tests angewandt:

2.4.1 Test auf Normalverteilung

Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest wurde durchgeführt um stetige Variablen auf eine Normalverteilung in der Grundgesamtheit zu testen. In dieser Arbeit gab es keine hier untersuchte Variable, die normalverteilt war.

2.4.2 Vergleich von Mittelwerten

Zum Vergleich stetiger Variablen zweier Fallgruppen wurde der Mann-Whitney-U Test durchgeführt. Er kann auch bei fehlender Normalverteilung die Rangfolge zweier Merkmalsausprägungen einer Variable prüfen.

2.4.3 Varianzanalyse und T-Test zum Vergleich von Gruppenmittelwerten

Diese Tests wurden verwendet um verschiedene Fallgruppen miteinander zu vergleichen. Dabei wird geprüft, ob sich die Durchschnittswerte einzelner Variablen signifikant voneinander unterscheiden. Die Varianzanalyse bietet im Gegensatz zum T-Test auch einen Vergleich mehrerer Fallgruppen an. Bei einem T-Test können nur 2 Fallgruppen miteinander verglichen werden.

Insgesamt wurden diese beiden Tests nur verwendet, wenn kein anderer sinnvoller statistischer Test anzuwenden war, da diese Tests nur bei vorliegender Normalverteilung validiert sind.

2.4.4 Test auf Zusammenhänge zwischen kategorialen Variablen

Für kategoriale Variablen wurde eine Kreuztabelle erstellt. Um Zusammenhänge zwischen kategorialen Variablen zu testen wurde der Chi-Quadrat-Test verwendet. Er gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit sich die Beobachtungen der Studie auf die Grundgesamtheit übertragen lassen. In manchen Fällen konnte der Chi-Quadrat-Test aufgrund zu geringer Fallzahlen für einzelne Zellen nicht durchgeführt werden. Hier wurde dann alternativ der "Exakte Test nach Fischer" durchgeführt.

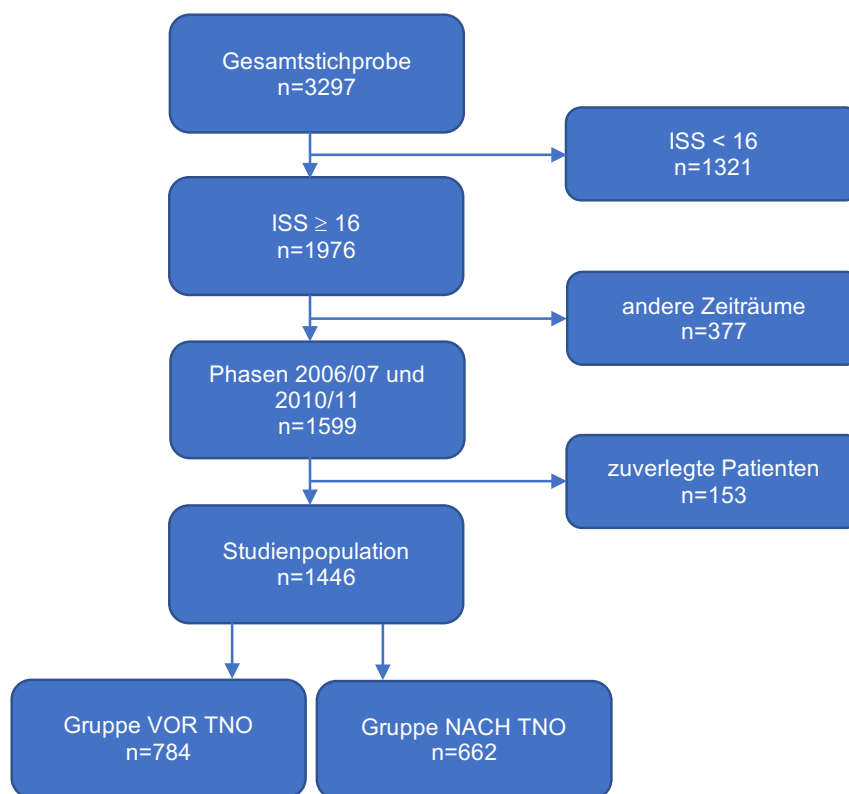
2.4.5 Signifikanzniveau

Das Signifikanzniveau wurde für alle oben aufgeführten Tests mit $p < 0,05$ definiert.

3 Ergebnisse

3.1 Studienpopulation

Grundlage dieser Arbeit war eine Datenbank, die insgesamt 3297 Patientenfälle umfasste. Nach Anwendung aller Ein- und Ausschlusskriterien waren für die Studie 1446 Fälle verfügbar. Von diesen 1446 Fällen waren 784 in der Gruppe "vor TNO" und 662 in der Gruppe "nach TNO".



3.2 Demographie und deren Veränderung nach Einführung des TNO

3.2.1 Geschlechter- und Altersverteilung

Eine Angabe über das Geschlecht der Patienten lag in 13 Fällen (0,8%) nicht vor. Insgesamt waren 71,8% der Patienten männlich und 28,2% weiblich. Im Vergleich der Phasen zeigte sich der beobachtete Unterschied von 2,5% mit $p=0,294$ nach Chi-Quadrat-Test als nicht signifikant (Abbildung 6).

Für jeden Patientenfall konnte eine Angabe über das Alter zum Unfallzeitpunkt erfasst werden. Die Altersspanne lag zwischen 0 und 97 Jahren. Das durchschnittliche Patientenalter betrug 45,15 Jahre. Im Vergleich der Phasen vor und nach Einführung des TNO zeigte sich ein mit $p < 0,001$ nach Mann-Whitney-U-Test signifikanter Altersunterschied. Der Mittelwert betrug vor TNO 42,71 Jahre und stieg auf 48,01 Jahre an. Diese Entwicklung spiegelt sich auch im Median wider – lag er vor TNO bei 41,5 Jahren, lag er nach TNO bei 47 Jahren (Abbildung 7).

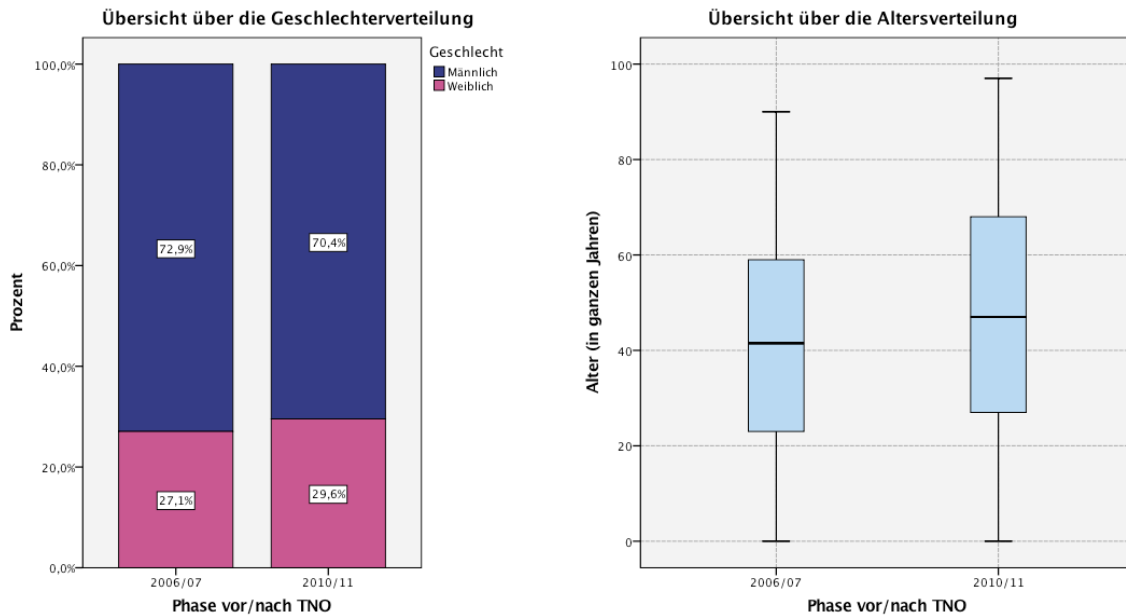


Abbildung 6: Übersicht über die Geschlechterverteilung im Vergleich der Phasen (links)
 Abbildung 7: Übersicht über die Altersverteilung im Vergleich der Phasen (rechts)

3.2.2 Verteilung der Patienten auf die Transportmittel

In 96,5% der Fälle konnte für jeden Patienten die Art des Transportes, boden- oder luftgebunden mit Notarzt, erhoben werden ($n=1396$). Generell wurden mehr als die Hälfte der Patienten bodengebunden zuverlegt. Der bodengebundene Transport nahm nach TNO weiter zu auf 71,4%. Im Vergleich der Phasen zeigte sich auch, dass der Anteil des Lufttransportes nach TNO von ursprünglich 37,8% auf 28,6% abgenommen hatte (-9,2%, Abbildung 8). Diese Änderung in der Verteilung der Patienten auf die Transportmittel ist mit $p < 0,001$ nach Chi-Quadrat-Test signifikant.

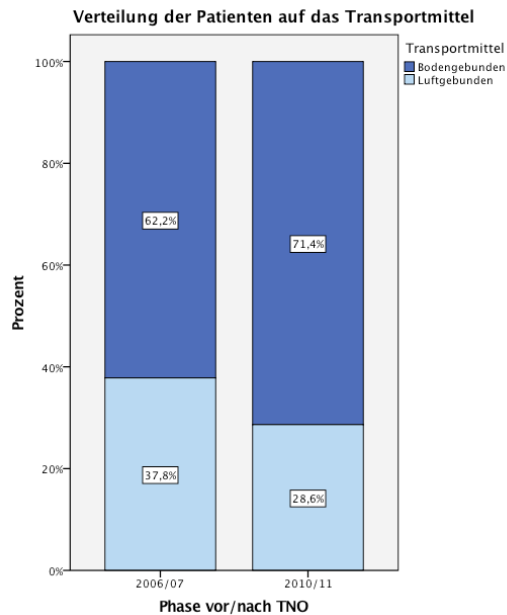


Abbildung 8: Verteilung der Patienten auf das Transportmittel im Vergleich der Phasen

3.2.3 Unfallhergang

Es wurden verschiedene Unfallhergänge in der Datenerhebung erfasst. Tabelle 8 gibt einen Überblick über die Unfallhergänge im Vergleich der Phasen. Der Bereich „Sonstige“ fasst Unfallarten zusammen, die keiner der übrigen Kategorien zugeordnet werden konnten, wie beispielsweise Stromunfälle, Stich-, Schuss-, oder Pfählungsverletzungen. Eine Angabe zum Unfallhergang war in 95,0% der Fälle vorhanden (n=1373).

Insgesamt waren Verkehrsunfälle, insbesondere Unfälle mit PKW und in geringem Anteil mit dem Motorrad, mit 63,9% die häufigste Traumaursache. Diese werden gefolgt von Stürzen mit insgesamt 29,2%, wobei Stürze über und unter 3m Höhe ungefähr gleich häufig zu beobachten sind.

Die Zunahme an Stürzen unter 3m nach TNO auf 18,5% von ursprünglich 10,5% vor TNO ist mit $p < 0,001$ nach Chi-Quadrat-Test die einzige signifikante Veränderung im Vergleich der Phasen in Bezug auf die Traumaursache. Die übrigen prozentualen Abweichungen zeigten sich im Vergleich vor/nach TNO für alle anderen Unfallhergänge nicht signifikant. Im Hinblick auf die Altersverteilung zeigte sich, dass Verkehrsunfälle das Trauma der eher jüngeren Patienten mit einem Mittelwert von 39,7 Jahren (Median 38 Jahre) sind. Stürze dagegen scheinen mit einem höheren Lebensalter, bei einem Mittelwert von 49 Jahren (Median 50,5 Jahre) im Bereich der Stürze über 3m und einem Mittelwert von 64,2 Jahren (Median 69 Jahre) bei den Stürzen unter 3m, assoziiert zu sein. 56,0% aller Stürze unter 3m entfielen auf Patienten, die älter als 66 Jahre waren.

Tabelle 8: Unfallhergang im Vergleich vor und nach TNO					
Unfallhergang		Vor TNO	Nach TNO	Gesamt	Signifikanz nach Chi-Quadrat Test
VU Auto	Anzahl	294	213	507	p=0,168*
	% innerhalb vor/nach TNO	38,5%	34,9%	36,9%	
VU Motorrad	Anzahl	131	93	224	p=0,338*
	% innerhalb vor/nach TNO	17,2%	15,2%	16,3%	
VU Fahrrad	Anzahl	48	36	84	p=0,765*
	% innerhalb vor/nach TNO	6,3%	5,9%	6,1%	
VU Fußgänger	Anzahl	41	22	63	p=0,120*
	% innerhalb vor/nach TNO	5,4%	3,6%	4,6%	
Sturz >3 m	Anzahl	109	99	208	p=0,318*
	% innerhalb vor/nach TNO	14,3%	16,2%	15,1%	
Sturz <3m	Anzahl	80	113	193	p<0,001*
	% innerhalb vor/nach TNO	10,5%	18,5%	14,1%	
Sonstige	Anzahl	60	34	94	p=0,095*
	% innerhalb vor/nach TNO	7,9%	5,6%	6,8%	
Gesamt	Anzahl	763	610	1373	Berechnung nicht sinnvoll
	% innerhalb vor/nach TNO	100%	100%	100%	

*Berechnung für eine 2x2 Kreuztabelle

Abbildung 9 gibt einen Überblick über die Unfallhergänge der Datenbank und zeigt ein insgesamt recht gleichbleibendes Patientengut im Vergleich der Phasen; ausgenommen der Sturzzunahme nach TNO.

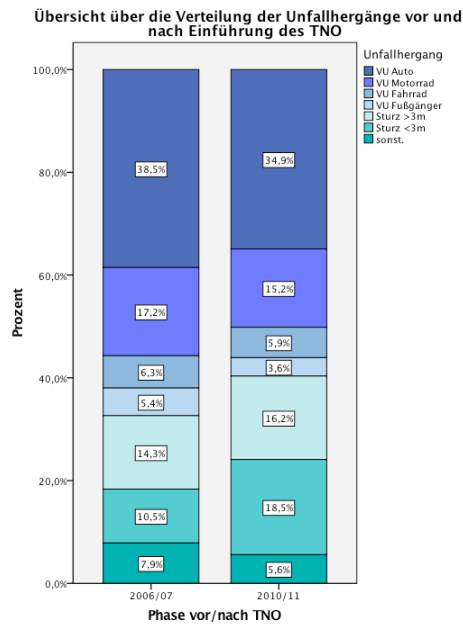


Abbildung 9: Übersicht über die Unfallhergänge im Vergleich der Phasen

3.2.4 Verletzungsmuster anhand der Abbreviated Injury Scale (AIS)

Im Vergleich der Jahre vor bzw. nach Einführung des TNO zeigte sich, dass das Patientengut in Bezug auf die AIS signifikant unterschiedlich war.

Die insgesamt am schwersten verletzte Körperregion mit einem Mittelwert von 2,43 Punkten war der Thorax, knapp gefolgt von den Kopfverletzungen mit einem Mittelwert von 2,42 Punkten. Die am wenigsten von schweren Verletzungen betroffenen Körperregionen waren Gesicht/Hals (Mittelwert 0,49) und die Weichteile (Mittelwert 0,54). Abdomen und Extremitäten wiesen einen mittleren AIS von 1,16 bzw. 1,70 auf.

Der Thorax war insgesamt die am Häufigsten verletzte Körperregion mit 70,4% aller Patienten. Ein Schädel-Hirn-Trauma wiesen 67,8% der Patienten auf, gefolgt von Extremitätenverletzungen in 63,7% der Fälle. Das Abdomen war zu 40,9%, Weichteile zu 34,4% und, am seltensten, Gesicht/Hals zu 24,6% der Fälle verletzt.

In der Betrachtung der Mittelwerte der verschiedenen AIS-Regionen in Bezug auf die Phasen (vor/nach TNO) zeigten sich signifikante Unterschiede in den Regionen Abdomen und Thorax. Der Mittelwert bei Abdominalverletzungen sank von 1,32 Punkten vor TNO auf 0,97 Punkte nach TNO. Nach dem Mann-Whitney-U-Test ist dies eine signifikante Änderung mit $p < 0,001$. Die durchschnittliche AIS der Thoraxverletzungen sank in ihrer Schwere von 2,60 Punkten vor TNO auf 2,23 Punkte nach TNO (Mann-Whitney-U-Test $p < 0,001$). In den anderen Regionen gab es keine signifikanten Unterschiede der Verletzungsschwere.

Tabelle 9: Verletzungsmuster in Bezug auf den AIS im Vergleich vor und nach TNO									
Region / AIS		0	1	2	3	4	5	6	Signifikanz nach Fischer-Exakt
Kopf	Vor TNO (%)	31,3	5,4	9,8	15,3	21,6	14,7	2	p=0,302*
	Nach TNO (%)	33,2	3,8	11	13	19,6	17,7	1,7	
Thorax	Vor TNO (%)	24,7	1	10,3	31,1	19	13,3	0,5	p<0,001*
	Nach TNO (%)	35,3	0,5	9,1	25,8	19,3	10	0	
Abdomen	Vor TNO (%)	55,1	0,3	20,2	12,4	7,3	4,2	0,6	p<0,001*
	Nach TNO (%)	63,7	0,8	19	8,9	5,9	1,7	0	
Extremitäten	Vor TNO (%)	33,8	2,8	30,1	22,7	8	2,6	-	p=0,370*
	Nach TNO (%)	39,3	2,7	26	22,1	7,4	2,6	-	
Gesicht/Hals	Vor TNO (%)	71,9	9,2	11,6	5,9	1,4	-	-	p<0,001*
	Nach TNO (%)	79,6	6,5	7,3	6,3	0,3	-	-	
Weichteile	Vor TNO (%)	64,7	18,5	13,3	3,1	0,1	0,3	-	p=0,586*
	Nach TNO (%)	66,6	19,9	10,4	2,7	0,2	0,2	-	

*Berechnung für eine 2x7 Kreuztabelle

In Tabelle 9 wird die Häufigkeit der erreichten Verletzungsschwere prozentual nach AIS im Vergleich der Phasen dargestellt. Dabei zeigte sich, dass insbesondere Gesichtsverletzungen vor TNO mit 28,1% (innerhalb der Gruppe AIS Gesicht/Hals) häufiger als nach TNO (20,4%) waren. Für die Thoraxregion zeigte sich eine Abnahme der Verletzungshäufigkeit insgesamt bei zeitgleicher Abnahme der mittleren und schweren Thoraxtraumata. Dies ist mit $p < 0,001$ nach Fischers-Exakt Test signifikant. Die Abdominaltraumata nahmen nach TNO an Häufigkeit ab (63,7% Unverletzte nach TNO zu 55,1% vor TNO). Dabei zeigte sich auch eine Abnahme der schweren Abdominalverletzungen nach TNO, besonders bei einem AIS von 5 (4,2% vor TNO zu 1,7% nach TNO). Die übrigen Regionen, Kopf, Weichteile und Extremitäten, zeigten in etwa eine ähnliche Häufigkeitsverteilung in Bezug auf die Verletzungsschwere und -häufigkeit vor und nach TNO.

3.2.5 Verletzungsschwere in Bezug auf die Injury Severity Scale (ISS) und die New Injury Severity Scale (NISS)

Für alle Patientenfälle konnte ein ISS und NISS Wert bestimmt werden. Dabei lag bei beiden Skalen der minimale Wert nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien bei 16 und der maximale Wert bei 75.

Der NISS zeigte im Durchschnitt mit 37,21 Punkten vor TNO und 33,39 Punkten nach TNO höhere Werte als der ISS, siehe Tabelle 10. Dieser lag bei 30,38 Punkten vor TNO und fiel auf 27,14 Punkte nach TNO ab. Diese Änderung ist mit $p < 0,001$ nach Mann-Whitney-U-Test für jeweils NISS und ISS signifikant. Einen Überblick hierüber geben die

Boxplot-Diagramme, Abbildung 12 und Abbildung 13. Auffallend ist dort im Hinblick auf den NISS die Änderung des Medians um 5 Punkte von 34 vor TNO auf 29 nach TNO.

Tabelle 10: ISS und NISS Werte vor und nach TNO				
		Vor TNO	Nach TNO	Signifikanz nach Mann-Whitney- U
ISS	Mittelwert	30,38	27,14	p<0,001
	Standardabweichung	13,96	11,52	
	95% Konfidenzintervall mit Untergrenze/Obergrenze des Mittelwertes	29,40 / 31,36	26,26 / 28,02	
	Median	26	25	
NISS	Mittelwert	37,21	33,39	p<0,001
	Standardabweichung	15,34	13,88	
	95% Konfidenzintervall mit Untergrenze/Obergrenze des Mittelwertes	36,14 / 38,29	32,33 / 34,45	
	Median	34	29	

Die Histogramme, Abbildung 10 und Abbildung 11, geben einen Überblick über die Häufigkeitsverteilung der ISS und NISS Werte der gesamten Datenbank.

Der Großteil der Werte lag beim ISS im niedrigeren Scorebereich, häufigster Wert war hier ein ISS von 17 mit 196 Patienten, der Median lag bei 25.

Für den NISS zeigt das Histogramm die meisten Werte im niedrigen bis mittleren Bereich. Der häufigste Punktwert war 34 mit 186 Patientenfällen, identisch mit dem Median. Auch konnte man beim NISS feststellen, dass der maximale Punktwert von 75 in 4,1% der Patientenfälle häufiger erreicht wurde als ein ISS von 75 mit 2,8%.

Die Werte waren dabei nach Kolmogorov-Smirnov-Test weder beim NISS noch beim ISS normalverteilt ($p<0,001$).

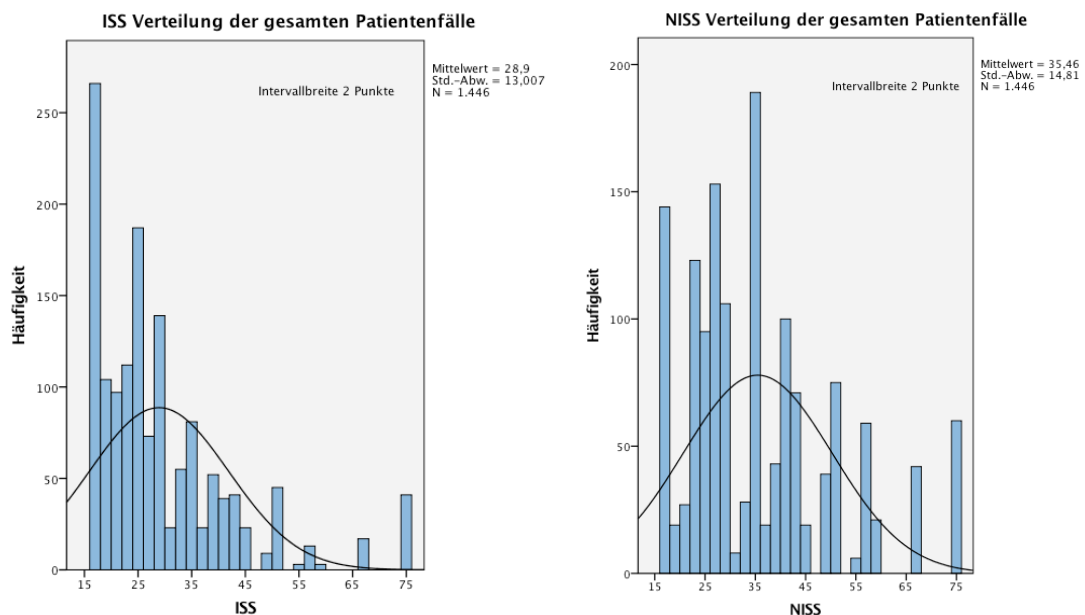


Abbildung 10: ISS Verteilung der gesamten Datenbank
Abbildung 11: NISS Verteilung der gesamten Datenbank

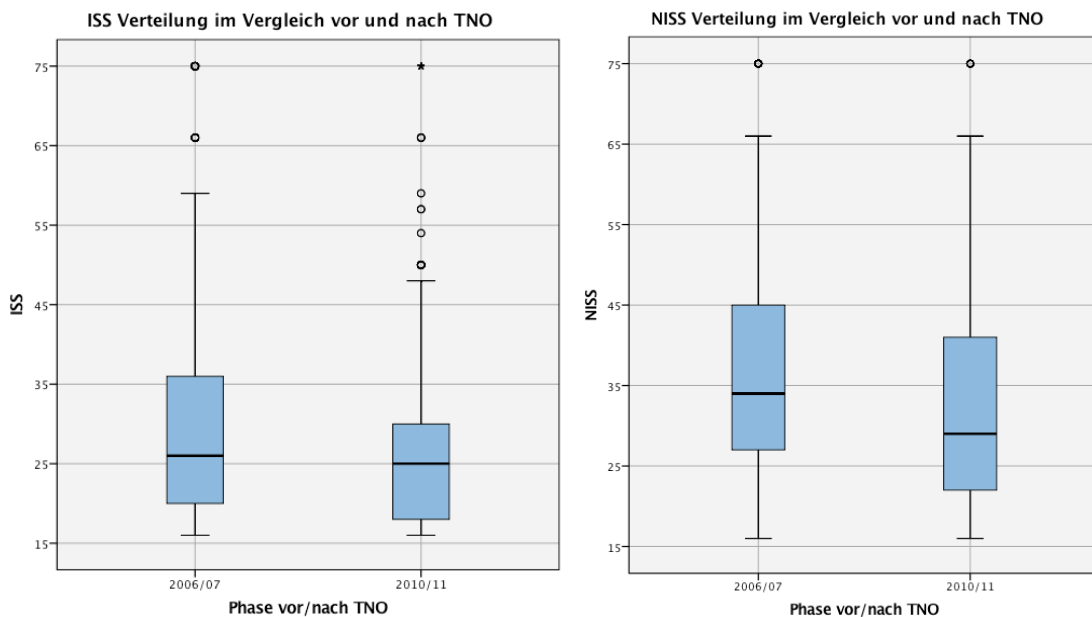


Abbildung 12: Verteilung des ISS vor und nach TNO
 Abbildung 13: Verteilung des NISS vor und nach TNO

3.2.6 Überlebenswahrscheinlichkeit nach dem Revised Injury Severity Classification Score (RISC)

Der RISC spiegelt, wie schon in 2.3.3 erwähnt, neben der Letalitätswahrscheinlichkeit auch die vorhergesagte Überlebenswahrscheinlichkeit wider und konnte für n=1148 Patienten, teils durch Ersetzen fehlender Werte, erfasst werden (79,4% der gesamten Patientenfälle). Die Überlebenswahrscheinlichkeit lag im Durchschnitt bei 78,08%. Eine Übersicht über die Häufigkeitsverteilung des RISC zeigt Abbildung 14. 18,3% der Patienten wiesen eine Überlebenswahrscheinlichkeit unter 50% auf. Drei Viertel der Patienten hatten aber insgesamt eine hohe Überlebenswahrscheinlichkeit größer als 70%. Der Median lag bei 93,08% und wird in Abbildung 15 verdeutlicht. Im Vergleich der Mittelwerte bezogen auf die Phasen, siehe Tabelle 11 und 12, konnte eine Änderung um +0,51% nach TNO beobachtet werden, welche sich nach dem Mann-Whitney-U Test mit $p=0,458$ als nicht signifikant erwies. Zusammenfassend konnte anhand des RISC keine wesentliche Änderung der Überlebenswahrscheinlichkeit des Patientengutes vor oder nach TNO beobachtet werden.

Tabelle 11: Überlebenswahrscheinlichkeit vor und nach TNO			
		Vor TNO	Nach TNO
Überlebenswahrscheinlichkeit nach RISC	Mittelwert	77,85	78,38
	Standardabweichung	29,47	28,98
	95% Konfidenzintervall mit Untergrenze/Obergrenze des Mittelwertes	75,57 / 80,13	75,85 / 80,91
	Median	92,34	93,35

Tabelle 12: Überlebenswahrscheinlichkeit vor und nach TNO					
Test auf signifikante Unterschiede des RISC Scores				95% Konfidenzintervall der Differenz	
Statistik	Signifikanz nach Mann-Whitney-U	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
		p=0,458	+0,53	1,74	-2,88

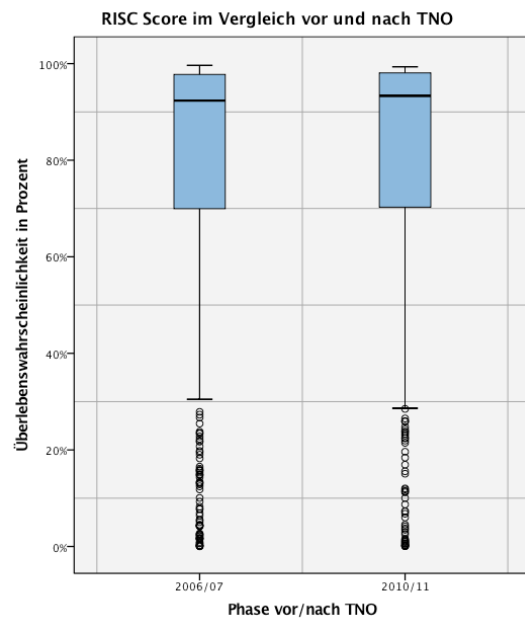
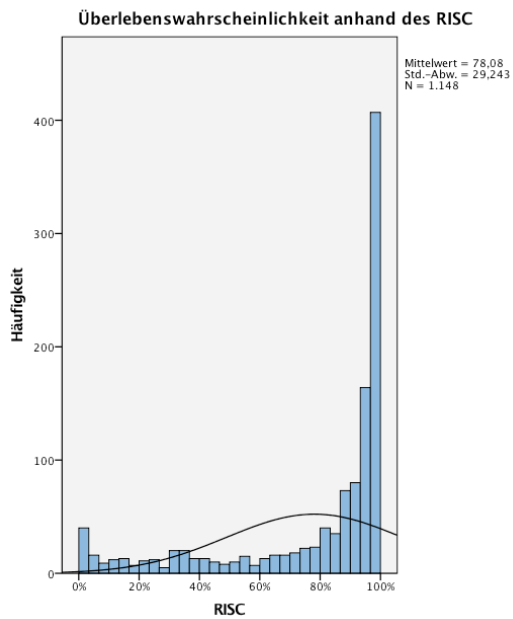


Abbildung 14: Überlebenswahrscheinlichkeit anhand des RISC Scores
Abbildung 15: Überlebenswahrscheinlichkeit (RISC) im Vergleich vor/nach TNO

3.3 Einfluss des TraumaNetzwerkes auf die Verteilung der Patienten in Bezug auf das primär aufnehmende Krankenhaus

3.3.1 Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen insgesamt

Tabelle 13: Verteilung der Patienten auf die TraumaZentren						
TraumaZentrum		Vor TNO	Nach TNO	Gesamt	Chi-Quadrat 2x2 Kreuztabelle	Chi-Quadrat 3x2 Kreuztabelle
ÜTZ	Anzahl	260	134	394	p<0,001	p<0,001
	%innerhalb vor/nach TNO	33,2%	20,2%	27,2%		
RTZ	Anzahl	410	471	881	p<0,001	
	%innerhalb vor/nach TNO	52,3%	71,1%	60,9%		
LTZ	Anzahl	114	57	171	p<0,001	
	%innerhalb vor/nach TNO	14,5%	8,6%	11,8%		

Insgesamt konnte für alle drei Versorgungsstufen von TraumaZentren eine signifikante Änderung des Patientenzustromes nach Einführung des TraumaNetzwerkes Ostbayern beobachtet werden.

Die regionalen TraumaZentren nahmen insgesamt die meisten Patienten, 881, auf. Nach TNO erhöhte sich der Anteil der Patienten, die in ein RTZ gebracht wurden von 52,3% um 18,8% auf 71,1%, siehe Tabelle 13. Diese Änderung ist mit $p<0,001$ nach Chi-Quadrat-Test signifikant.

Der Anteil der Patienten, die in ein überregionales TraumaZentrum gebracht wurden, nahm von ursprünglich 33,2% vor TNO auf 20,2% um 13,0% ab. Mit insgesamt 394 aufgenommenen Patienten war das ÜTZ das zweithäufigst angefahrne TraumaZentrum. Auch hier weist der Chi-Quadrat Test mit $p<0,001$ auf eine signifikante Änderung hin.

Mit einem Gesamtanteil von 11,8% bildete das lokale TraumaZentrum die wenigsten Patienten ab. Vor TNO wurden noch 14,5% der Patienten dort behandelt, nach TNO reduzierte sich dieser Anteil signifikant auf 8,6% ($p<0,001$). Abbildung 16 gibt diese Entwicklung bildlich wider. Besonders auffallend war hier der große Anteil des RTZ an der Patientenversorgung nach TNO.

Die Patientenverteilung bzw. Patientenzustrom hat sich somit für alle TraumaZentren signifikant verändert - mit Reduzierung der Patientenzahlen für die lokalen und überregionalen TraumaZentren auf der einen Seite und Erhöhung des Patientenzustromes in die regionalen TraumaZentren auf der anderen Seite.

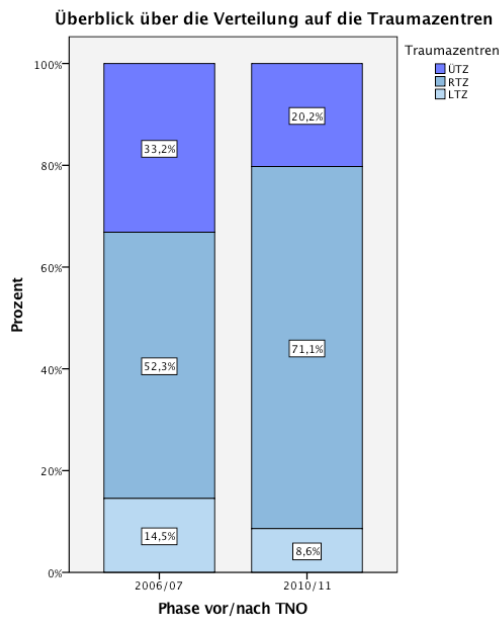


Abbildung 16: Überblick über die Patientenverteilung in Bezug auf das TraumaZentrum

3.3.2 Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit des Transportmittels

Tabelle 14: Verteilung der Patienten in Abhängigkeit des Transportmittels							
Transportmittel	Traumazentren		Vor TNO	Nach TNO	Gesamt	Chi-Quadrat 2x2 Kreuztabelle	Chi-Quadrat 3x2 Kreuztabelle
Bodengebunden	ÜTZ	Anzahl	90	62	152	p=0,011	p<0,001
		%innerhalb vor/nach TNO	19,5%	13,3%	16,4%		
	RTZ	Anzahl	261	348	609	p<0,001	
		%innerhalb vor/nach TNO	56,5%	74,7%	65,6%		
	LTZ	Anzahl	111	56	167	p<0,001	
		%innerhalb vor/nach TNO	24,0%	12,0%	18,0%		
Luftgebunden	ÜTZ	Anzahl	162	72	234	p<0,001	p<0,001
		%innerhalb vor/nach TNO	57,7%	38,5%	50,0%		
	RTZ	Anzahl	119	114	233	p<0,001	
		%innerhalb vor/nach TNO	42,3%	61,0%	49,8%		
	LTZ	Anzahl	0	1	1	p=0,400*	
		%innerhalb vor/nach TNO	0,0%	0,5%	0,2%		

* 2 Zellen (50%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. p=0,400 nach exaktem Test nach Fischer

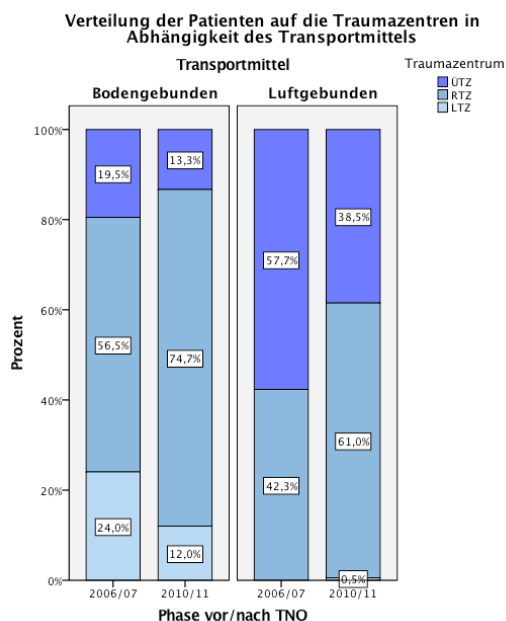


Abbildung 17: Verteilung der Patienten auf die TraumaZentren in Abhängigkeit des Transportmittels

Insgesamt konnte für 1396 Patientenfälle (96,5% der Datenbank) ein Transportmittel erfasst werden. 66,5% aller Patienten kamen mit dem bodengebundenen Notarzt und 33,5% luftgebunden zur Aufnahme.

Tabelle 14 stellt für jedes Transportmittel die Zielklinik im Vergleich vor TNO und nach TNO dar. Für den luftgebundenen Transport (im Folgenden als RTH bezeichnet) zeigte sich eine signifikante Umverteilung des Patientenstromes. In 61% der Fälle wurde nach TNO ein regionales TraumaZentrum durch den RTH angefliegen, 18,7% häufiger als zuvor ($p < 0,001$ nach Chi-Quadrat). Es zeigte sich nicht nur eine Zunahme des luftgebundenen Transports in ein RTZ, sondern auch der bodengebundene Notarzt wählte in 18,2% der Fälle nach TNO häufiger ein regionales TraumaZentrum als Ziel ($p < 0,001$ nach Chi-Quadrat Test).

Betrachtet man die Patientenströme des lokalen TraumaZentrums, Abbildung 17, konnte hier ebenfalls eine deutliche Änderung festgestellt werden. Während das LTZ vor wie nach TNO kaum vom RTH bedient wurde, zeigte sich beim bodengebundenen Transport eine Halbierung des Patientenstromes von 24% auf 12%. Dieser Unterschied ist mit $p < 0,001$ nach Chi-Quadrat Test signifikant.

Weniger Patienten gelangten nach TNO ebenfalls in ein überregionales TraumaZentrum. Der RTH brachte hier einen größeren Anteil seiner Patienten zu als der bodengebundene Notarzt (50,0% zu 16,4% insgesamt). Vor TNO wurden noch 57,7% der Patienten per RTH zuverlegt, nach TNO waren es 38,5% ($p < 0,001$ nach Chi-Quadrat Test). Der bodengebundene Notarzt verlegte zu 6,2% weniger Patienten in das ÜTZ als vor TNO. Diese Entwicklung ist nach Chi-Quadrat Test mit $p = 0,011$ signifikant.

Zusammenfassend konnte beobachtet werden, dass nach TNO der bodengebundene wie auch der luftgebundene Notarzt häufiger das regionale TraumaZentrum als Ziel wählten und die Transporte in ein ÜTZ abnahmen. Zudem wurde nach TNO in weniger Fällen ein lokales TraumaZentrum vom bodengebundenen Notarzt als Ziel gewählt.

3.3.3 Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit der Verletzungsschwere nach ISS und des Transportmittels

Im nachfolgenden Abschnitt wurde untersucht, ob sich eine Veränderung der Patientenverteilung auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit ihrer Verletzungsschwere nach ISS und des Transportmittels durch das TNO ergeben hat.

In der Summe zeigte sich, dass der mittlere ISS für das jeweilige TraumaZentrum signifikant unterschiedlich war, siehe Tabelle 15. Das ÜTZ erhielt mit einem mittleren ISS von 32,44 schwerer verletzte Patienten als das RTZ (mittlerer ISS 28,11) und das LTZ (mittlerer ISS 23,91). Diese Unterschiede der Mittelwerte für die verschiedenen TraumaZentren waren mit $p < 0,001$ nach einfaktorierter Varianzanalyse signifikant.

In Bezug auf das überregionale TraumaZentrum konnte keine signifikante Änderung der Patientenverteilung im Vergleich der Phasen beobachtet werden, siehe Abbildung 18. Ein Unterschied der Mittelwerte des ISS der Patienten des bodengebundenen Notarztes um -2,1 Punkte nach TNO war mit $p = 0,895$ nach Mann-Whitney-U Test nicht signifikant (Tabelle 15). Der Median differierte hier um einen Punkt (von 25,5 vor TNO auf 26,5 nach TNO).

Der luftgebundene Transport in ein ÜTZ wies bezüglich des Medians des ISS keinen Unterschied der Verletzungsschwere auf; er lag bei 29 Punkten vor wie nach TNO. Dies, wie auch der Mittelwertunterschied von -0,18 Punkten nach TNO, war nach Mann-Whitney-U Test mit $p = 0,869$ nicht signifikant. Insgesamt erhielt das ÜTZ, wie bereits erwähnt, jedoch die im Durchschnitt am schwersten verletzten Patienten mit einem Gesamt-ISS von 32,44 (ISS von 32,57 Boden-NA und 32,36 RTH).

Tabelle 15: Verletzungsschwere (ISS) der Patienten in Bezug auf das Transportmittel und das TraumaZentrum						
Trauma-zentrum			ISS vor TNO	ISS nach TNO	ISS Gesamt	Signifikanz nach Mann-Whitney-U
ÜTZ	Boden	Mittelwert	33,42	31,32	32,44	$p = 0,895$
		Median	25,5	26,5		
	RTH	Mittelwert	32,42	32,24		$p = 0,869$
		Median	29,0	29,0		
RTZ	Boden	Mittelwert	28,93	26,01	28,11	$p < 0,001$
		Median	26,0	24,0		
	RTH	Mittelwert	33,23	27,30		$p = 0,003$
		Median	29,0	25,0		
LTZ	Boden	Mittelwert	24,83	22,21	23,91	$p = 0,258$
		Median	22,0	20,5		
	RTH	Mittelwert	_*	_*		_*
		Median	_*	_*		

*Berechnung nicht möglich bei $n=0$ vor TNO und $n=1$ nach TNO

Signifikante Änderungen ergaben sich für das regionale TraumaZentrum in Bezug auf beide Transportmittel. Einen Überblick gibt Abbildung 19. Es zeigte sich, dass nach TNO Patienten mit weniger schweren Verletzungen in ein regionales TraumaZentrum verbracht wurden (mittlerer Gesamt-ISS 28,11). Der durchschnittliche ISS lag hier vor TNO beim bodengebundenen Transport bei 28,93 Punkten und fiel auf 26,01 Punkte nach TNO ab. Der Median reduzierte sich nach TNO um 2 Punkte auf 24. Diese Entwicklung in Bezug

auf den bodengebundenen Notarzt war mit $p < 0,001$ nach Mann-Whitney-U Test signifikant.

Diese Änderung ließ sich noch ausgeprägter beim Lufttransport ins RTZ beobachten. Der Median fiel hier um 4 Punkte auf 25 Punkte nach TNO ab. Auch der ISS lag im Durchschnitt vor TNO höher, bei 33,23 zu 27,30 Punkten. Nach Mann-Whitney-U Test war dieser Trend ebenfalls signifikant ($p = 0,003$).

Für das lokale TraumaZentrum konnte keine signifikante Änderung in Bezug auf den bodengebundenen Transport beobachtet werden. Hier fanden sich weniger schwer verletzte Patienten mit einem Gesamt-ISS von 23,91. Median und Mittelwert lagen vor TNO bei 22,0 bzw. 24,83 Punkten und reduzierten sich nach TNO auf 20,5 bzw. 22,21 Punkte. Diese Entwicklung war mit $p = 0,258$ nicht signifikant. Eine Testung für den luftgebundenen Transport in ein lokales TraumaZentrum war nicht sinnvoll, da zu wenige Werte als Berechnungsgrundlage vorhanden waren (0 Patienten vor TNO, 1 Patient nach TNO). Somit kann bei zu geringer Fallzahl bezüglich des Lufttransportes zum LTZ keine Aussage über eine Änderung des Patientenstromes gemacht werden.

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass sich für das lokale und überregionale TraumaZentrum keine signifikanten Veränderungen in der Verletzungsschwere ihrer Patienten im Vergleich der Phasen ergeben haben. Abbildung 19 zeigt nochmals die signifikanten Änderungen der Patientenverteilung des regionalen TraumaZentrums. Die Streubreite des ISS-Werte und damit verbunden auch der Verletzungsschwere der Patienten wurde für beide Transportmittel nach TNO kleiner. Das RTZ erreichte also ein homogeneres Patientengut als vor TNO.

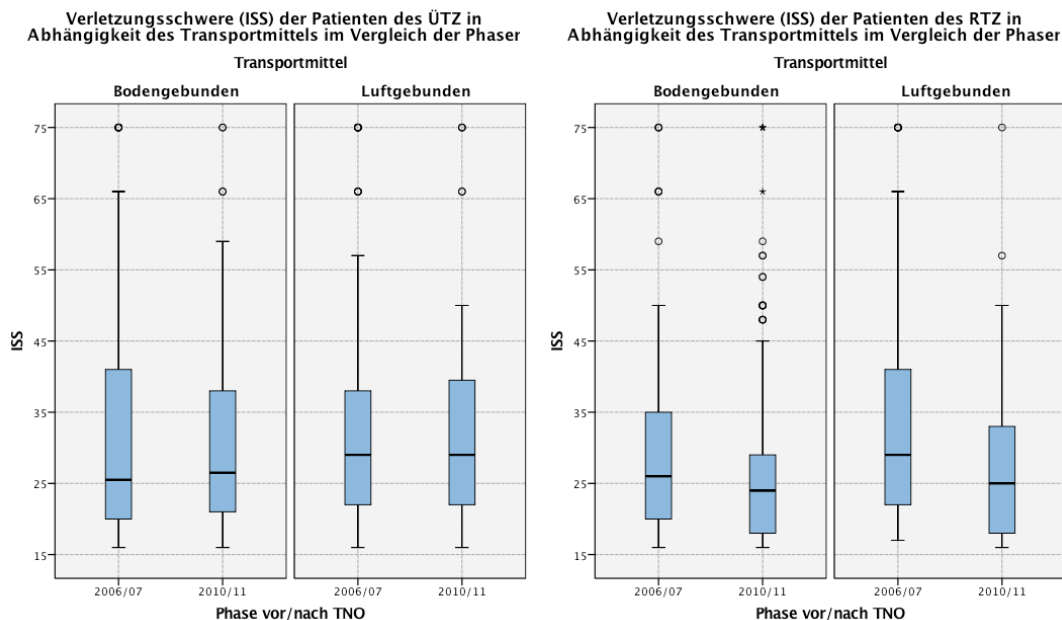


Abbildung 18: Verletzungsschwere (ISS) der Patienten des ÜTZ in Abhängigkeit des Transportmittels im Vergleich der Phasen (links)

Abbildung 19: Verletzungsschwere (ISS) der Patienten des RTZ in Abhängigkeit des Transportmittels im Vergleich der Phasen (rechts)

Zur weiteren Analyse und in Bezug auf die Fragestellung ob sich durch das TNO die Patientenverteilung durch die Transportmittel geändert hat, wurde der ISS in 4 Gruppen mit Werten zwischen 16-24, 25-34, 35-49 und 50-75 eingeteilt.

Tabelle 16 stellt die Verteilung der Patienten mit einem ISS zwischen 16 und 24 durch das jeweilige Transportmittel auf die TraumaZentren dar. Mit n=648 befanden sich die meisten Patienten in dieser Gruppe.

Der bodengebundene Notarzt brachte vor TNO ungefähr die Hälfte seiner Patienten mit einem ISS zwischen 16 und 24 in ein RTZ (51,4%) und ein Drittel in ein LTZ. Das ÜTZ wurde mit 17,4% am wenigsten angefahren. Nach TNO nahm der Anteil des ÜTZ um weitere 7,3% ab während sich der Anteil des RTZ auf 74,4% erhöhte. Besonders deutlich zeigte sich ein Unterschied in Bezug auf das LTZ. Von 31,2% der Patienten mit dieser Verletzungsschwere wurde nur noch die Hälfte (15,5%) bodengebunden dorthin transportiert. Diese Verschiebung der Patientenverteilung in Bezug auf den bodengebundenen Transport war mit $p < 0,001$ nach Chi-Quadrat-Test signifikant.

Für den luftgebundenen Transport konnte beobachtet werden, dass sich der Anteil der Patienten des ÜTZ und RTZ mit dieser Verletzungsschwere im Verhältnis umgekehrt haben. Vor TNO wurden 61,5% der Patienten in ein ÜTZ und 38,5% der Patienten in ein RTZ geflogen. Nach TNO stellte sich dies umgekehrt dar, 61,3% der Patienten kamen luftgebunden in ein RTZ und 37,3% in ein ÜTZ. Diese Änderung war mit $p = 0,005$ nach Chi-Quadrat-Test signifikant.

Das LTZ wurde nach TNO in einem Fall und vor TNO gar nicht vom RTH als Ziel gewählt, somit kann bei zu geringer Fallzahl keine weitere Aussage zu einer Patientenumverteilung getroffen werden.

Tabelle 16: ISS Gruppe 16-24 in Bezug auf das Transportmittel und das TraumaZentrum									
ISS in Gruppen			vor TNO			nach TNO			Signifikanz nach Chi-Quadrat
			ÜTZ	RTZ	LTZ	ÜTZ	RTZ	LTZ	
16-24	Boden	% innerhalb vor/nach TNO	17,4	51,4	31,2	10,1	74,4	15,5	$p < 0,001^*$
		Anzahl	38	112	68	24	177	37	
	RTH	% innerhalb vor/nach TNO	61,5	38,5	0,0	37,3	61,3	1,3	$p = 0,005^*$
		Anzahl	59	37	0	28	46	1	

*Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle

476 Patienten wiesen eine Verletzungsschwere nach ISS zwischen 25-34 auf (Tabelle 17). Innerhalb dieses Patientenkollektivs zeigte sich für den bodengebundenen Notarzt eine Halbierung des Patientenanteils des LTZ nach TNO (23,4% vor TNO zu 11,2% nach TNO, siehe Tabelle 17). Der Anteil der Patienten, die in ein ÜTZ gebracht wurden, nahm nach TNO ebenfalls ab auf 11,8% (-4,3%). Das RTZ wurde um diese Anteile häufiger vom bodengebundenen Notarzt angefahren (insgesamt 77,0% nach TNO). Mit einer Signifikanz von $p = 0,006$ nach Chi-Quadrat-Test war diese Umverteilung der Patienten dieser Verletzungsschwere durch den bodengebundenen Notarzt von Bedeutung.

Auch der RTH zeigte eine signifikante Änderung ($p = 0,003$) in Bezug auf seine Patientenverteilung dieser Verletzungsschwere auf die TraumaZentren. Etwas mehr als die Hälfte der Patienten wurde auch in dieser Gruppe vor TNO in ein ÜTZ geflogen, nach

TNO verschob sich das Verhältnis zu nur mehr einem Drittel der Patienten (53,2% zu 29,9%). Das RTZ erhielt nach TNO 70,1% der Patienten. Das LTZ wurde vor wie nach TNO nicht vom RTH als Ziel gewählt.

Tabelle 17: ISS Gruppe 25-34 in Bezug auf das Transportmittel und das TraumaZentrum									
ISS in Gruppen			vor TNO			nach TNO			Signifikanz nach Chi-Quadrat
			ÜTZ	RTZ	LTZ	ÜTZ	RTZ	LTZ	
25-34	Boden	% innerhalb vor/nach TNO	16,1	60,6	23,4	11,8	77,0	11,2	p=0,006*
		Anzahl	22	83	32	19	124	18	
	RTH	% innerhalb vor/nach TNO	53,2	46,8	-	29,9	70,1	-	p=0,003*
		Anzahl	50	44	-	20	47	-	

*Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle

Für die Gruppe der Patienten mit einem ISS zwischen 35 und 49 konnten 194 Patienten erhoben werden. Innerhalb dieser Gruppe zeigte sich in Bezug auf den bodengebundenen Transport eine Zunahme des Anteils des ÜTZ von 19,4% vor TNO auf 26,7% nach TNO. Das LTZ wurde prozentual weniger als Ziel gewählt (9,7% vor TNO zu 2,2% nach TNO), wobei die Fallzahl hier insgesamt nur 8 betrug. Der Anteil des regionalen TraumaZentrums an Patienten dieser Verletzungskategorie änderte sich kaum (siehe Tabelle 18). Für diese Beobachtungen gab es mit p=0,231 jedoch keine Signifikanz.

Der RTH flog mit 28 Fällen insgesamt nach TNO weniger Patienten dieser Verletzungsschwere als zuvor (n=49). Dennoch zeigte sich, dass weniger als die Hälfte der Patienten in ein ÜTZ geflogen wurden (46,4%). Vor TNO lag der Anteil hier bei 61,2%. In der Folge lag der Anteil des RTZ nach TNO um 14,8% höher. Auch für diese Beobachtung gab es mit p=0,208 nach Chi-Quadrat-Test keine Signifikanz.

Tabelle 18: ISS Gruppe 35-49 in Bezug auf das Transportmittel und das TraumaZentrum									
ISS in Gruppen			vor TNO			nach TNO			Signifikanz nach Chi-Quadrat
			ÜTZ	RTZ	LTZ	ÜTZ	RTZ	LTZ	
35-49	Boden	% innerhalb vor/nach TNO	19,4	70,8	9,7	26,7	71,1	2,2	p=0,231*
		Anzahl	14	51	7	12	32	1	
	RTH	% innerhalb vor/nach TNO	61,2	38,8	-	46,4	53,6	-	p=0,208*
		Anzahl	30	19	-	13	15	-	

*Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle

Für Patienten mit einer Verletzungsschwere zwischen 50 und 75 nach ISS (insgesamt 122 Patienten) konnte eine Zunahme des bodengebundenen Transportes in ein RTZ und eine Abnahme des Patientenanteils des ÜTZ und LTZ beobachtet werden. Das LTZ wurde nach TNO in keinem Fall mehr vom bodengebundenen Notarzt als Ziel gewählt, zuvor waren es 4 Fälle, entsprechend 11,4%. Vor TNO wurden fast genauso viele Patienten in ein ÜTZ gefahren, wie in ein RTZ (16 zu 15 Patientenfälle), siehe Tabelle 19. Nach TNO

waren es noch 7 von 22 Patienten in dieser Gruppe, entsprechend 31,8%. Für diesen Unterschied gab es mit $p=0,090$ keine Signifikanz. Dennoch spiegelt sich hier für Patienten des bodengebundenen Notarztes weiterhin der bereits auch in den vorigen Kapiteln beschriebene Trend wieder, einen höheren Patientenanteil in ein RTZ zu bringen. Der RTH zeigte für dieses schwerstverletzte Patientenkollektiv den Trend mehr Patienten nach TNO in ein ÜTZ zu fliegen als zuvor (+9,9%). Interessant ist, dass trotz der Abnahme der Luftrettung nach TNO insgesamt (siehe Kapitel 3.2.2), bei dieser Patientengruppe nach TNO mehr Patienten ($n=59$) mit diesem Rettungsmittel zur Aufnahme kamen als zuvor ($n=42$). Aber auch für diese Beobachtung gibt es keine Signifikanz ($p=0,484$ Chi-Quadrat-Test).

Tabelle 19: ISS Gruppe 50-75 in Bezug auf das Transportmittel und das TraumaZentrum

ISS in Gruppen			vor TNO			nach TNO			Signifikanz nach Chi-Quadrat
			ÜTZ	RTZ	LTZ	ÜTZ	RTZ	LTZ	
50-75	Boden	% innerhalb vor/nach TNO	45,7	42,9	11,4	31,8	68,2	0	$p=0,090^*$
		Anzahl	16	15	4	7	15	0	
	RTH	% innerhalb vor/nach TNO	54,8	45,2	-	64,7	35,3	-	$p=0,484^*$
		Anzahl	23	19	-	34	25	-	

**Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle*

3.3.4 Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit der Verletzungsschwere nach NISS und des Transportmittels

In Bezug auf den New Injury Severity Score konnten im Überblick keine signifikanten Änderungen in der Patientenverteilung für beide Transportmittel für das überregionale TraumaZentrum beobachtet werden. Wie Tabelle 20 zu entnehmen ist, zeigte sich für Patienten des bodengebundenen Notarztes, die in ein ÜTZ kamen, eine Erhöhung des Medians um 2 Punkte auf 36 nach TNO. Der Mittelwert zeigte sich dagegen um 1,26 Punkte niedriger als vor TNO. Diese Entwicklung war mit $p=0,734$ nach Mann-Whitney-U nicht signifikant. Mit einem $p=0,294$ zeigte sich auch eine Änderung des Medians und des Mittelwertes des Lufttransportes nach Mann-Whitney-U Test nicht signifikant. Der Mittelwert erhöhte sich von 38,72 auf 41,25 Punkte, ebenso erhöhte sich hier der Median von 34 auf 38 Punkte.

Für die Patienten beider Transportmittel, die als Zielklinik ein regionales TraumaZentrum wählten, konnte eine signifikant geringere Verletzungsschwere nach TNO beobachtet werden. Patienten, die vom bodengebundenen Notarzt versorgt wurden und in ein RTZ kamen, hatten mit einem Median von 29 nach TNO zu 34 vor TNO einen signifikant geringeren NISS ($p<0,001$). Der Mittelwert spiegelte dies ebenfalls; er fiel um 3,91 Punkte nach TNO ab auf 32,09 Punkte. Für die Patienten des RTH konnte ebenso eine signifikante Abnahme in Bezug auf das RTZ beobachtet werden - der Median verringerte sich hier um 3,5 Punkte auf 30,50 Punkte nach TNO ($p=0,001$ nach Mann-Whitney-U Test). Im Durchschnitt lag der NISS der luftgebunden zuverlegten Patienten bei 40,09 Punkten vor TNO (zu 32,87 nach TNO).

Das lokale TraumaZentrum wurde vom Boden-NA im Vergleich der Phasen signifikant mit weniger schwer verletzten Patienten angefahren ($p=0,001$ nach Mann-Whitney-U). Der mediane NISS lag hier vor TNO bei 30, nach TNO bei 25 Punkten. Der mittlere NISS fiel von 32,70 vor TNO auf 27,07 Punkte nach TNO ab. Eine aussagekräftige Änderung des Lufttransportes konnte hier aufgrund der zu geringen Fallzahl ($n=1$ gesamt) nicht erfolgen. Zusammenfassend zeigte sich in Bezug auf den NISS ein in etwa gleich schwer verletztes Patientenkontingent des ÜTZ mit keiner signifikanten Änderung durch das TNO, siehe Abbildung 20 und Abbildung 21. Regionales und lokales TraumaZentrum dagegen zeigten, wenn auch geringe, signifikante Änderungen für beide Transportmittel (ausgenommen Lufttransport für das LTZ) mit einer geringeren Verletzungsschwere nach NISS nach Etablierung des TNO.

Auch hier zeigte sich, wie bereits in Kapitel 3.3.3 in Bezug auf den ISS, dass das ÜTZ im Schnitt die schwerer verletzten Patienten (Gesamt NISS 39,34) erhielt als das RTZ (Gesamt NISS 34,54) und das LTZ (Gesamt NISS 30,77). Dieser Unterschied der Mittelwerte in Bezug auf die verschiedenen TraumaZentren war nach einfaktorierter Varianzanalyse mit $p<0,000$ signifikant.

Tabelle 20: Verletzungsschwere (NISS) der Patienten in Bezug auf das Transportmittel und das TraumaZentrum						
Trauma-zentrum			NISS vor TNO	NISS nach TNO	NISS Gesamt	Signifikanz nach Mann-Whitney-U
ÜTZ	Boden	Mittelwert	39,61	38,35	39,34	$p=0,734$
		Median	34,00	36,00		
	RTH	Mittelwert	38,72	41,25		$p=0,294$
		Median	34,00	38,00		
RTZ	Boden	Mittelwert	36,00	32,09	34,54	$p<0,001$
		Median	34,00	29,00		
	RTH	Mittelwert	40,09	32,87		$p<0,001$
		Median	34,00	30,50		
LTZ	Boden	Mittelwert	32,70	27,07	30,77	$p<0,001$
		Median	30,00	25,00		
	RTH	Mittelwert	-*	-*		-
		Median	-*	-*		

* Berechnung nicht möglich bei $n=0$ vor TNO und $n=1$ nach TNO

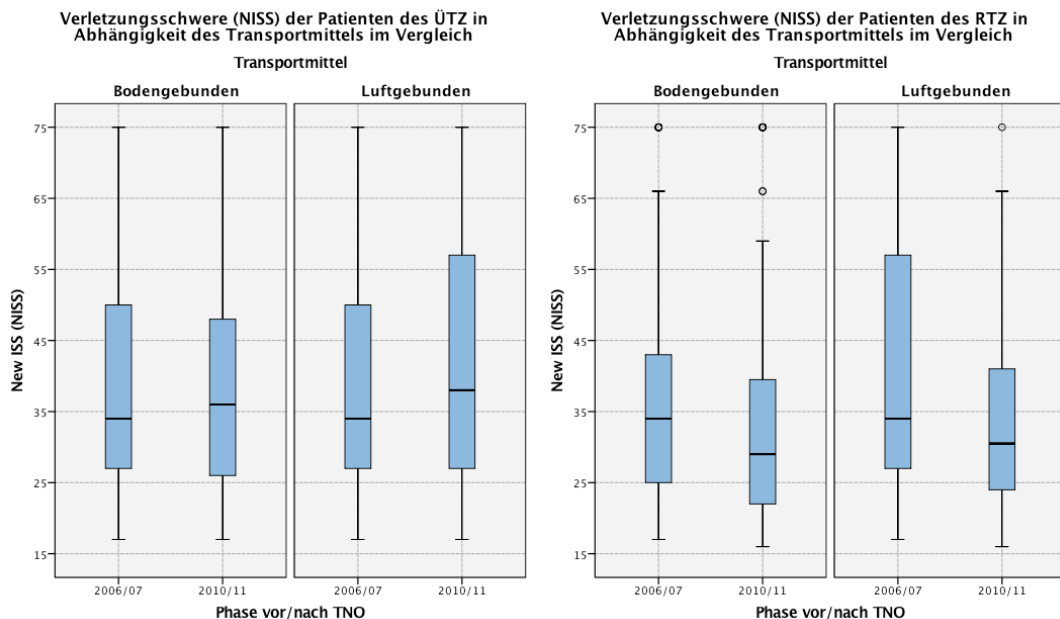


Abbildung 20: Verletzungsschwere (NISS) der Patienten des ÜTZ in Abhängigkeit des Transportmittels im Vergleich der Phasen (links)

Abbildung 21: Verletzungsschwere (NISS) der Patienten des RTZ in Abhängigkeit des Transportmittels im Vergleich der Phasen (rechts)

Zur tiefergehenden Analyse wurde für die folgende Betrachtung der NISS in 4 Gruppen mit Werten von 16-24, 25-34, 35-49 und 50-75 eingeteilt und die Patientenverteilung für jede Gruppe in Bezug auf das Transportmittel und die Zielklinik analysiert.

Tabelle 21 gibt einen Überblick über die Verteilung der Patienten mit einem NISS von 16-24 auf die Transportmittel und die TraumaZentren. Für diese Patientengruppe konnten 365 zutreffende Fälle aus der Datenbank ausgewählt werden.

Der bodengebundene Notarzt brachte in dieser Gruppe vor TNO knapp mehr als die Hälfte der Patienten (56,6%) in ein regionales TraumaZentrum, 26,5% der Patienten in ein LTZ und 16,8% der Patienten in ein ÜTZ. Der Anteil des RTZ nahm nach TNO weiter zu auf 74,2% der Patienten und zeigt eine fast verdoppelte Patientenzahl (vor TNO 64, nach TNO 115 Patienten). Zu beachten ist dabei, dass für den bodengebundenen Notarzt vor TNO 94 Patienten mit einem NISS zwischen 16-24 und nach TNO 155 Patienten dieser Verletzungsschwere vorlagen. Die Verletzungsschwere der Patienten insgesamt hatte nach TNO, wie bereits in Kapitel 3.2.5 erwähnt, abgenommen. Die vermehrte Einlieferung von Patienten in ein regionales TraumaZentrum durch den bodengebundenen Notarzt zeigte sich mit $p=0,009$ nach Chi-Quadrat-Test signifikant.

Beim luftgebundenen Notarzt zeigte der Vergleich der Phasen eine ebenfalls signifikante ($p=0,016$ nach Chi-Quadrat-Test) Steigerung auf. Er hatte mit 69,8% nach TNO einen um 25,4% höheren Anteil der Patienten in ein RTZ geflogen als zuvor. Vor TNO wurde mehr als jeder 2. Patient vom RTH in ein überregionales TraumaZentrum gebracht, nach TNO weniger als jeder 3. (55,6% vor TNO zu 27,9% nach TNO). Zum luftgebundenen Transport in ein LTZ konnte keine Aussage getroffen werden, bei einer Fallzahl von 1.

Tabelle 21: NISS Gruppe 16-24 in Bezug auf das Transportmittel und das TraumaZentrum									
NISS in Gruppen			vor TNO			nach TNO			Signifikanz nach Chi-Quadrat
			ÜTZ	RTZ	LTZ	ÜTZ	RTZ	LTZ	
16-24	Boden	% innerhalb vor/nach TNO	16,8	56,6	26,5	8,4	74,2	17,4	p=0,009*
		Anzahl	19	64	30	13	115	27	
	RTH	% innerhalb vor/nach TNO	55,6	44,4	0,0	27,9	69,8	2,3	p=0,016*
		Anzahl	30	24	0	12	30	1	

*Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle

Tabelle 22 zeigt in der Übersicht die Verteilung der Patienten mit einem NISS zwischen 25 und 34 in Bezug auf die Zielklinik und das Transportmittel. Insgesamt fielen 514 Patientenfälle in diese Kategorie. Für beide Transportmittel zeigte sich im Vergleich der Phasen ein signifikanter Unterschied mit $p < 0,001$ nach Chi-Quadrat-Test in der Patientenverteilung.

Der bodengebundene Notarzt brachte vor TNO 28,2% der Patienten dieser Verletzungsschwere in ein LTZ; nach TNO lag der Anteil um mehr als die Hälfte reduziert bei 11,9%. Das ÜTZ erhielt nach TNO 6,5% weniger Patienten. Der Anteil des RTZ stieg auf 76,9% der Patienten (+22,9%) nach TNO.

In Bezug auf den luftgebundenen Notarzt hat sich das Verhältnis der Patientenverteilung auf das ÜTZ und RTZ umgekehrt. Vor TNO wurden die Patienten dieser Verletzungsschwere mehrheitlich in ein ÜTZ geflogen (61,5%) und weniger in ein RTZ (38,5%). Nach TNO wurde zu 69,0% das RTZ als Ziel gewählt, das ÜTZ zu 31,0%. Das lokale TraumaZentrum wurde vom RTH vor wie nach TNO nicht angefliegen. Diese Veränderung war, wie oben genannt, mit $p < 0,001$ nach Chi-Quadrat-Test signifikant.

Tabelle 22: NISS Gruppe 25-34 in Bezug auf das Transportmittel und das TraumaZentrum									
NISS in Gruppen			vor TNO			nach TNO			Signifikanz nach Chi-Quadrat
			ÜTZ	RTZ	LTZ	ÜTZ	RTZ	LTZ	
25-34	Boden	% innerhalb vor/nach TNO	17,8	54,0	28,2	11,3	76,9	11,9	p<0,001*
		Anzahl	29	88	46	18	123	19	
	RTH	% innerhalb vor/nach TNO	61,5	38,5	-	31,0	69,0	-	p<0,001*
		Anzahl	59	37	-	22	49	-	

*Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle

In der Patientengruppe mit einem NISS zwischen 35 und 49 konnte ebenfalls eine signifikante Änderung in der Verteilung auf die Zielkliniken durch beide Transportmittel beobachtet werden. Insgesamt lagen für diese Verletzungskategorie 288 Patientenfälle vor (Tabelle 23).

Der bodengebundene Notarzt brachte vor TNO den Hauptanteil der Patienten dieser Gruppe mit 59,3% in ein RTZ. Der Anteil stieg nach TNO auf 74,2% der Patienten, während der Anteil des LTZ um -14,8% auf 9,3% sank in dieser Gruppe. Das ÜTZ erhielt vor wie nach TNO in etwa denselben Anteil an Patienten (16,7% vor und 16,5% nach TNO). Diese Entwicklung, weniger Patienten dieses Kollektivs in ein lokales und mehr Patienten in ein regionales TraumaZentrum zu transportieren, war für den bodengebundenen Notarzt mit $p=0,016$ nach Chi-Quadrat-Test signifikant.

Im Falle des luftgebundenen Patiententransportes zeigte sich eine Verhältnisumkehr des RTZ und ÜTZ nach TNO Etablierung. Der Hauptanteil der Patienten mit einer Verletzungsschwere nach NISS zwischen 35-49 wurde vor TNO zu 64,0% durch den RTH in ein ÜTZ geflogen. Nach TNO waren es 39,4% während der Anteil des RTZ von 36,0% auf 60,6% zunahm. Auch für den luftgebundenen Notarzt zeigte sich die signifikante Änderung, mehr Patienten in ein RTZ zu verbringen nach TNO ($p=0,028$).

Tabelle 23: NISS Gruppe 35-49 in Bezug auf das Transportmittel und das TraumaZentrum									
NISS in Gruppen			vor TNO			nach TNO			Signifikanz nach Chi-Quadrat
			ÜTZ	RTZ	LTZ	ÜTZ	RTZ	LTZ	
35-49	Boden	% innerhalb vor/nach TNO	16,7	59,3	24,1	16,5	74,2	9,3	$p=0,016^*$
		Anzahl	18	64	26	16	72	9	
	RTH	% innerhalb vor/nach TNO	64,0	36,0	-	39,4	60,6	-	$p=0,028^*$
		Anzahl	32	18	-	13	20	-	

*Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle

Im Bereich der schwerstverletzten Patienten mit einem NISS zwischen 50 und 75 konnten 253 Fälle erfasst werden.

Innerhalb dieser Patientengruppe zeigte sich ein anderes Bild als in den zuvor beschriebenen Gruppen mit kleineren NISS Werten. Der Anteil der ÜTZ nahm für diese Verletzungskategorie um 20,2% zu nach TNO auf 50,6% in Bezug auf den bodengebundenen Transport. Das RTZ erhielt 8,3% weniger Patienten nach TNO (57,7% vor TNO zu 49,4% nach TNO). Vor TNO wurde das LTZ mit Patienten dieser Gruppe noch zu 11,5% als Ziel gewählt, nach TNO waren es 1,9%, bei einer Fallzahl von 9 Patienten vor TNO und 1 Patient nach TNO. Für die Veränderungen in der Patientenverteilung in Bezug auf den bodengebundenen Transport gab es für dieses Patientenkollektiv jedoch keine Signifikanz mit $p=0,088$ nach Chi-Quadrat-Test (Tabelle 24).

In dem einzelnen Patientenfall in dieser Gruppe, der vom bodengebundenen Notarzt in das LTZ gebracht wurde, handelte es sich um eine 82-jährige, weibliche Patientin mit Zustand nach Sturz unter 3m, welche intubiert zur Aufnahme kam. Es zeigte sich bei dieser Patientin eine Verletzung des Kopfes mit einem maximalen AIS von 5 und ein Extremitätentrauma mit einem maximalen AIS von 2, der NISS betrug 54. Sie wurde noch am Unfalltag innerhalb des TNO in ein regionales TraumaZentrum gebracht.

Tabelle 24: NISS Gruppe 50-75 in Bezug auf das Transportmittel und das TraumaZentrum									
NISS in Gruppen			vor TNO			nach TNO			Signifikanz nach Chi-Quadrat
			ÜTZ	RTZ	LTZ	ÜTZ	RTZ	LTZ	
50-75	Boden	% innerhalb vor/nach TNO	30,8	57,7	11,5	50,6	49,4	1,9	p=0,088*
		Anzahl	24	45	9	15	38	1	
	RTH	% innerhalb vor/nach TNO	50,6	49,4	-	62,5	37,5	-	p=0,217*
		Anzahl	41	40	-	25	15	-	

*Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle

3.3.5 Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit der präklinischen Glasgow Coma Scale und des Transportmittels

Es konnten für 1358 Patientenfälle (93,9% der Datenbank) Angaben zur präklinischen Glasgow Coma Scale erhoben werden. Im Folgenden wurde der GCS in 3 Gruppen unterteilt: Ein GCS-Wert von 15-13 wurde einem leichten Schädel-Hirn-Trauma (SHT), 12-9 einem mittelschweren und 8-3 einem schweren Schädel-Hirn-Trauma zugeordnet. 31,7% aller Patienten hatten ein schweres SHT mit einem GCS unter 9. Im Rahmen der aktuellen Fragestellung wurden auch Patienten ohne Kopf-Trauma, dann meist mit einem GCS von 15, in die Kategorie der leichten SHT hinzugerechnet.

Insgesamt wurde der größte Anteil aller SHT in einem regionalen TraumaZentrum behandelt. Signifikante Unterschiede zeigten sich für Patienten mit leichten und schweren Schädel-Hirn-Traumata. Im Bereich der schweren SHT erhöhte sich nach TNO der Anteil der Patienten des RTZ von 44,9 auf 65,6 Prozent, während sich der Anteil der Patienten des ÜTZ von 50,2 auf 32,8 Prozent verringerte ($p < 0,001$ nach Chi-Quadrat Test). Das LTZ war an der Behandlung der schweren SHT vor wie nach TNO kaum beteiligt (3,5% der Gesamtfälle).

Der Trend, mehr Patienten mit einem schweren SHT in einem regionalen TraumaZentrum nach TNO zu behandeln, zeigte sich auch für das leichte SHT. Hier stieg der Patientenanteil des RTZ auf 72,9% (von 52,1%) nach TNO. Für das ÜTZ, so wie auch das LTZ, konnte eine Reduktion des Patientenanteils mit leichtem SHT auf 15,2 bzw. 5,6% nach TNO, im Vergleich zu 25,8 bzw. 11,6% vor TNO, beobachtet werden. Diese Abnahme war mit $p < 0,001$ nach Chi-Quadrat Test signifikant.

Für die Patientengruppe mit mittelschwerem SHT zeigte sich keine signifikante Veränderung im Vergleich der Phasen. Die Patientenzahlen veränderten sich hier nach TNO prozentual nur um wenige Punkte. Insgesamt kamen von den Patienten mit mittelschwerem SHT 66,0% in ein RTZ, 24,7% in ein ÜTZ und 9,3% in ein LTZ.

Tabelle 25 zeigt den Anteil der jeweiligen Patientengruppe nach SHT-Grad und Transportmittel im Vergleich der Phasen.

In der Gruppe der leichten Schädel-Hirn-Traumata konnte eine signifikante Änderung für beide Transportmittel beobachtet werden. Der bodengebundene Notarzt brachte nach TNO 20,6% häufiger Patienten in ein regionales TraumaZentrum. Besonders auffällig war in dieser Gruppe der fast halbierte Anteil der Patienten des LTZ (31,2% vor TNO zu 15,7%

nach TNO). Der Patientenanteil des ÜTZ für den bodengebundenen Notarzt stellte bereits vor TNO den kleinsten Anteil mit 14,5% dar und reduzierte sich nach TNO auf 9,4%. Diese Veränderungen in der Patientenverteilung des bodengebundenen Notarztes auf die unterschiedlichen TraumaZentren waren mit $p < 0,001$ nach Chi-Quadrat signifikant.

Für den luftgebundenen Notarzt konnte in der Gruppe der leichten SHT eine deutliche Änderung ($p = 0,004$), das ÜTZ betreffend, beobachtet werden: Vor TNO wurde mehr als jeder 2. Patient in ein ÜTZ gebracht, nach TNO nur noch jeder 3. mit leichtem SHT (55,0% vor TNO zu 32,6% nach TNO). Dieser Anteil verschob sich zugunsten des regionalen TraumaZentrums, das nun nach TNO 21,3% häufiger dieses Patientengut erhielt. Das LTZ spielte eine, wie bereits in der Übersicht des Kapitels 3.3.2 erwähnt, eher untergeordnete Rolle in Bezug auf den luftgebundenen Transport mit einer Fallzahl von $n = 0$ vor TNO und $n = 1$ nach TNO. Aufgrund der zu geringen Fallzahl konnte hier und im Folgenden keine weitere Aussage zu einer Veränderung im luftgebundenen Transport durch das TNO gemacht werden.

Tabelle 25: GCS der Patienten in Bezug auf das Transportmittel und das TraumaZentrum									
SHT-Grade			vor TNO			nach TNO			Signifikanz nach Chi-Quadrat
			ÜTZ	RTZ	LTZ	ÜTZ	RTZ	LTZ	
Leichtes SHT 56,3%	Boden	% innerhalb vor/nach TNO	14,5	54,3	31,2	9,4	74,9	15,7	$p < 0,001^{**}$
	RTH	% innerhalb vor/nach TNO	55,0	45,0	0,0	32,6	66,3	1,1	$p = 0,004^{**}$
Mittelschweres SHT 11,9%	Boden	% innerhalb vor/nach TNO	16,4	67,3	16,4	18,9	69,8	11,3	$p = 0,735^{**}$
	RTH	% innerhalb vor/nach TNO	48,0	52,0	-*	31,8	68,2	-*	$p = 0,259^{**}$
Schweres SHT 32,7%	Boden	% innerhalb vor/nach TNO	35,3	52,9	11,8	22,5	75,0	2,5	$p = 0,001^{**}$
	RTH	% innerhalb vor/nach TNO	61,9	38,1	-*	52,3	47,7	-*	$p = 0,196^{**}$

* Berechnung nicht möglich bei $n = 0$ vor TNO und $n = 1$ nach TNO
** Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle

In Bezug auf die Patienten mit einem mittelschweren SHT konnte für beide Transportmittel keine signifikante Veränderung in der Wahl der Zielklinik beobachtet werden. Der prozentuale Anteil der Patienten des bodengebundenen Notarztes, die in dieser Gruppe in ein RTZ oder ÜTZ verbracht wurden, änderte sich nur marginal (ÜTZ +2,5%, RTZ +2,5%, LTZ -4,9% nach TNO; $p = 0,735$). Der luftgebundene Notarzt wählte zu 16,2% häufiger das RTZ als Zielklinik, zulasten des ÜTZ. Dieser Unterschied war mit $p = 0,259$ aber nicht signifikant.

Für die Gruppe der Patienten mit schwerem SHT konnte bezüglich des bodengebundenen Transportes eine signifikante Änderung gesehen werden. Es kamen weniger häufig Patienten in ein ÜTZ (35,3% vor TNO zu 22,5% nach TNO) und ein LTZ (11,8% vor zu 2,5% nach TNO). Der Anteil der Patienten des RTZ erhöhte sich um 22,1% nach TNO. Diese Entwicklung war nach Chi-Quadrat Test signifikant ($p = 0,001$).

Auch der luftgebundene Notarzt brachte häufiger Patienten mit schwerem SHT in ein RTZ als vor TNO, 38,1% vor zu 47,7% nach TNO. Das ÜTZ wurde 9,6% weniger vom RTH angefliegen als vor TNO. Dieser Trend zeigte sich als nicht signifikant nach Chi-Quadrat Test ($p=0,196$).

Abbildung 22, Abbildung 23 und Abbildung 24 zeigen, im Gegensatz zu Tabelle 25, isoliert das Patientengut des jeweiligen Versorgungslevels in Bezug auf den GCS im Vergleich der Phasen und in Abhängigkeit des Transportmittels. Hierbei zeigten sich für das ÜTZ (Abbildung 22) nur geringe Unterschiede in Bezug auf das Patientengut beider Transportmittel insgesamt. Der bodengebundene Notarzt brachte nach TNO mehr Patienten mit mittelschwerem und schwerem SHT in das ÜTZ als zuvor (+5,6% bzw. +1,6%), der Anteil an Patienten mit leichtem SHT nahm um diesen Anteil ab. Diese Unterschiede waren mit $p=0,506$ nach Chi-Quadrat Test nicht signifikant. Auch der Lufttransport in ein ÜTZ zeigte nur marginale Unterschiede ohne Signifikanz $p=0,628$.

In Bezug auf das RTZ, Abbildung 23, zeigte sich für den bodengebundenen Transport keine signifikante Änderung ($p=0,196$, Chi-Quadrat Test). Für den luftgebundenen Transport konnte eine Abnahme der Patienten mit schwerem SHT nach TNO beobachtet werden (-17,1%). Die Patienten mit leichtem und mittelschwerem SHT nahmen nach TNO im RTZ zu (+14,4% bzw. +2,7% nach TNO). Diese Veränderung war mit $p=0,031$ nach Chi-Quadrat Test signifikant. In der Summe konnte für das regionale TraumaZentrum eine deutliche Abnahme der Patienten mit schwerem SHT, die mit dem RTH kamen, beobachtet werden.

Abbildung 24 zeigt die Patientenverteilung des bodengebundenen Notarztes für das LTZ. Hier wurden weniger Patienten mit schwerem SHT transportiert als vor TNO (-5,1%). Der Anteil der Patienten mit leichtem und mittelschwerem SHT erhöhte sich nach TNO leicht. Diese Entwicklung war mit $p=0,486$ nach Chi-Quadrat Test nicht signifikant.

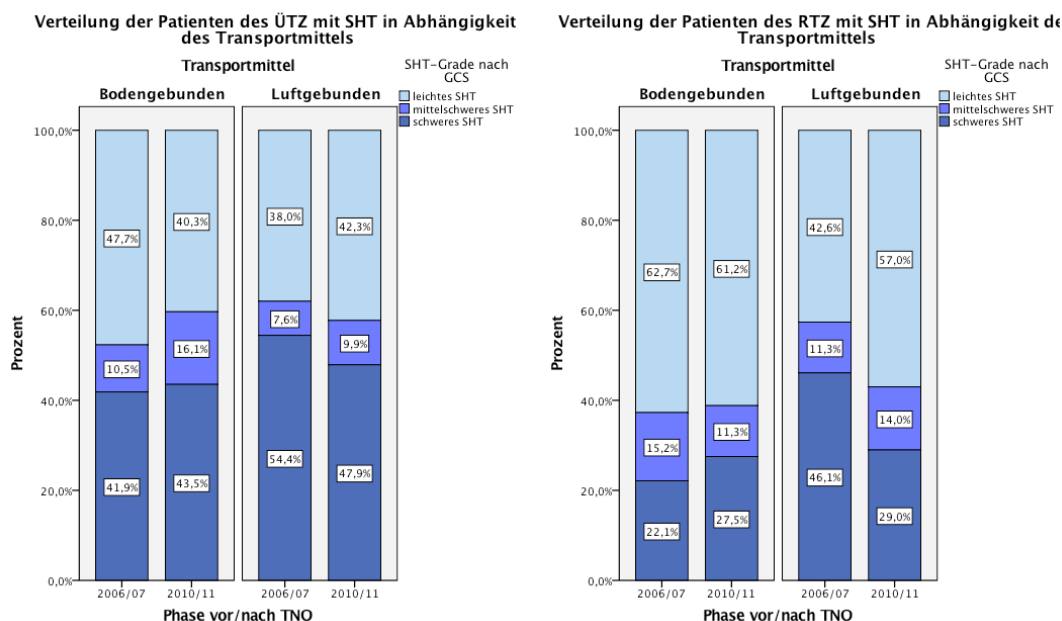


Abbildung 22: Verteilung der Patienten des ÜTZ mit SHT in Abhängigkeit des Transportmittels (links)
 Abbildung 23: Verteilung der Patienten des RTZ mit SHT in Abhängigkeit des Transportmittels (rechts)

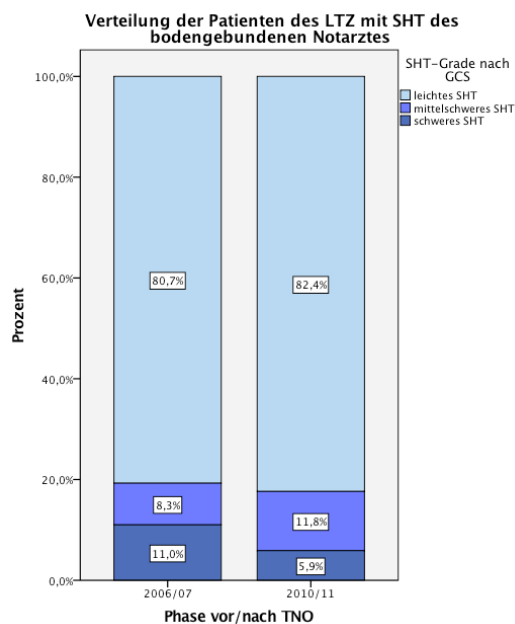


Abbildung 24: Verteilung der Patienten des LTZ mit SHT des bodengebundenen Notarztes

Insgesamt zeigte sich auch hier in Bezug auf das SHT eine Zunahme des Behandlungsanteils der Patienten für die regionalen TraumaZentren. Signifikante Änderungen ergaben sich dabei für beide Transportmittel für die Gruppe der leichten SHT mit einer Zunahme des Anteils der RTZ und Abnahme des Anteils der ÜTZ und LTZ. In der Gruppe der schweren SHT zeigte sich eine signifikante Änderung nur für den Boden-NA, der, wie auch der Luft-NA, auch hier mehr Patienten in ein RTZ und weniger in ein ÜTZ und LTZ brachte. Diese Tendenz konnte für beide Notärzte auch in Bezug auf das mittelschwere SHT beobachtet werden, ohne Signifikanz. Insgesamt zeigte sich bei gleicher Tendenz von boden- und luftgebundenen Notärzten, dass letztere das ÜTZ weiterhin häufiger anfliegen als es die bodengebundenen Notärzte taten.

3.3.6 Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Bezug auf die Überlebenswahrscheinlichkeit nach RISC und Transportmittel

In Tabelle 26 ist die Verteilung der Patienten auf die unterschiedlichen Zielkrankenhäuser in Abhängigkeit der Überlebenswahrscheinlichkeit und des Transportmittels dargestellt. Da nicht für jeden Patientenfall eine Angabe zum Transportmittel oder zum RISC vorlag, erfolgte die Berechnung hier auf Grundlage von 1125 gültigen Patientenfällen. Es zeigten sich kaum Unterschiede im Vergleich der Mittelwerte der Überlebenswahrscheinlichkeit für das jeweilige Transportmittel und die Zielklinik. Insgesamt zeigte sich in Bezug auf die durchschnittliche Gesamtüberlebenswahrscheinlichkeit, dass im ÜTZ mehr schwerer verletzte Patienten mit einer niedrigeren Überlebenswahrscheinlichkeit (71,60%) behandelt wurden als beispielsweise im LTZ (87,33% mittlerer Gesamt-RISC). Diese Unterschiede zwischen den verschiedenen TZ in den Mittelwerten des RISC war mit $p < 0,001$ nach einfaktorieller Varianzanalyse signifikant.

Tabelle 26: Überlebenswahrscheinlichkeit (nach RISC) der Patienten in Bezug auf das Transportmittel und das TraumaZentrum							
Trauma-zentrum			RISC vor TNO	RISC nach TNO	RISC Gesamt		Signifikanz nach Mann-Whitney-U
ÜTZ	Boden	Mittelwert	72,21%	70,50%	71,49%	71,60%	p=0,309
		Median	90,95%	82,01%			
	RTH	Mittelwert	71,35%	71,80%	71,49%		p=0,629
		Median	86,87%	91,49%			
RTZ	Boden	Mittelwert	83,34%	80,96%	82,07%	79,55%	p=0,689
		Median	95,09%	94,58%			
	RTH	Mittelwert	70,45%	76,43%	73,17%		p=0,232
		Median	89,19%	91,84%			
LTZ	Boden	Mittelwert	87,25%	87,10%	87,20%	87,33%	p=0,483
		Median	95,02%	95,81%			
	RTH	Mittelwert	-*	-*	-*		-*
		Median	-*	-*			

*Berechnung nicht möglich bei n=0 vor TNO und n=1 nach TNO

3.3.7 Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Bezug auf das Verletzungsmuster nach AIS und das Transportmittel

Im Folgenden wurde die Patientenverteilung durch die Transportmittel auf die TraumaZentren in Bezug auf das führende Verletzungsmuster nach AIS-Regionen betrachtet. Hierbei wurden Patientenfälle ausgewählt, die einen AIS ≥ 4 in einer Region und gleichzeitig einen AIS ≤ 2 in allen anderen Regionen aufwiesen. Diese Kriterien konnten für die Verletzungsregion Kopf, Thorax, Abdomen und Extremitäten angewendet werden. Für die AIS-Regionen Gesicht/Hals und Weichteile bestand in Bezug auf diese Kriterien keine ausreichende Fallzahl zu weiteren Analysen. Die auf diese Weise ausgewählten Patientenfälle werden nachfolgend als "führende" Traumata bezeichnet. Insgesamt wurden, wie bereits in Kapitel 3.3.1 beschrieben, die meisten Patienten in einem regionalen TraumaZentrum behandelt (60,9% der Datenbank). Abbildung 25 zeigt nochmals die Patientenverteilung auf die TraumaZentren insgesamt im Überblick.

Überblick über die Patientenverteilung auf die Traumazentren

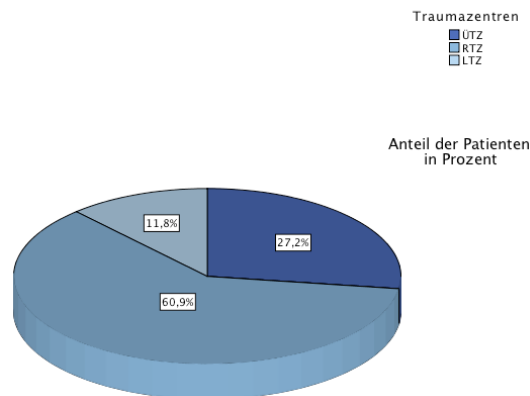


Abbildung 25: Überblick über die Patientenverteilung auf die TraumaZentren insgesamt

3.3.7.1 Schädel-Hirntrauma als führende Verletzungsregion

Das folgende Kapitel stellt die Patientenverteilung auf die TraumaZentren in Abhängigkeit ihrer Verletzungsschwere nach dem AIS-Code für die Region Kopf dar. Als ein "führendes" Schädel-Hirntrauma wurde in dieser Arbeit ein AIS der Kopfregion ≥ 4 definiert, sofern in den übrigen Körperregionen die AIS-Werte ≤ 2 vorlagen. Für diese Kriterien konnten 258 Patientenfälle erhoben werden. Von dieser Patientengruppe wurden insgesamt 74,4% boden- und 25,6% luftgebunden verlegt. Der RTH wurde nach TNO mit 10,3% weniger oft als Transportmittel gewählt als zuvor ($p=0,059$ nach Chi-Quadrat Test). Tabelle 27 zeigt die Verteilung dieses Patientenkollektivs auf die TraumaZentren in Abhängigkeit des Transportmittels.

In Bezug auf den bodengebundenen Notarzt konnten signifikante Änderungen ($p<0,001$ nach Chi-Quadrat Test) beobachtet werden. Besonders auffallend war der um 32,1% gestiegene Anteil an Patienten, die in ein RTZ gebracht wurden (40,5% vor TNO zu 72,6% nach TNO). Abbildung 26 zeigt diese Entwicklung. Deutlich weniger Patienten wurden nach TNO in ein LTZ gebracht (-22,1%). Das ÜTZ erhielt bodengebunden 9,9% weniger Patienten nach TNO.

Im Bereich des Lufttransportes zeigten sich keine signifikanten Veränderungen ($p=0,891$ nach Chi-Quadrat-Test). Das ÜTZ wurde vor TNO mit 58,3% und nach TNO mit 56,7% der Patienten angefliegen. Auch für das RTZ änderte sich der prozentuale Anteil der Patienten des RTH kaum (41,7% vor TNO zu 43,3% nach TNO). Das LTZ wurde vor wie nach TNO nicht vom RTH als Ziel gewählt.

Zusammenfassend konnte für den bodengebundenen Notarzt die signifikante Änderung, weniger Patienten in ein LTZ und ÜTZ zu bringen, beobachtet werden.

Tabelle 27: Verteilung der Patienten mit führender Verletzungsregion Kopf								
Transportmittel		ÜTZ		RTZ		LTZ		Signifikanz nach Chi-Quadrat
		Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	
Boden	% innerhalb vor/nach TNO	24,1	14,2	40,5	72,6	35,4	13,3	p<0,001*
	Anzahl	19	16	32	82	28	15	
RTH	% innerhalb vor/nach TNO	58,3	56,7	41,7	43,3	-	-	p=0,891*
	Anzahl	21	17	15	13	-	-	

*Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle

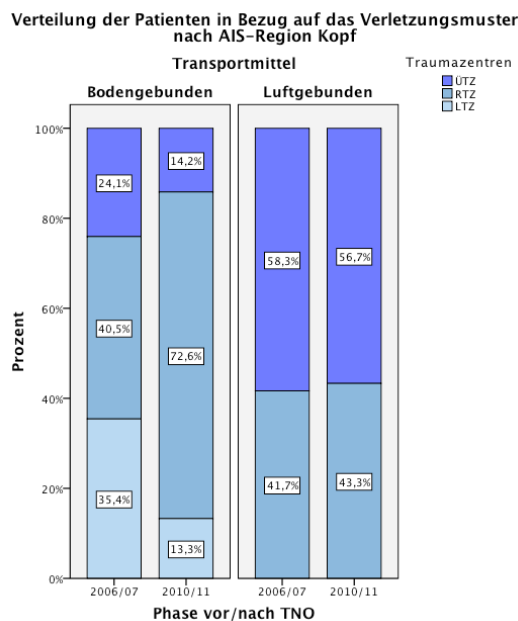


Abbildung 26: Verteilung der Patienten in Bezug auf das Verletzungsmuster nach AIS-Region Kopf ≥ 4

3.3.7.2 Thoraxtrauma als führende Verletzungsregion

In der Summe konnten 165 Patientenfälle, die einen AIS-Wert ≥ 4 für die Region Thorax und ≤ 2 für alle anderen AIS-Regionen aufwiesen, erfasst werden. In der Wahl des Transportmittels ergaben sich keine Änderungen vor wie nach TNO für dieses Patientenkollektiv ($p=0,360$ nach Chi-Quadrat Test). Die meisten Patienten wurden bodengebunden (73,3% insgesamt) transportiert. Der Gesamtanteil des RTH betrug 26,7%.

Tabelle 28 und Abbildung 27 zeigen die für diese Patientengruppe mit schwerem Thoraxtrauma aufgetretenen Veränderungen nach TNO im Vergleich der Transportmittel und der Wahl der Zielklinik. Auffällig ist, dass auch hier deutlich mehr Patienten nach TNO in einem RTZ behandelt wurden. Der Anteil der bodengebunden gebrachten Patienten lag für das RTZ vor TNO bei 47,5% und nahm um ein Drittel zu auf 77,4% nach TNO. Das LTZ sowie das ÜTZ erhielten nach TNO in etwa die Hälfte der Patienten als zuvor (33,9% zu 12,9% nach TNO für das LTZ und 18,6% zu 9,7% nach TNO für das ÜTZ). Diese

Änderung in der Patientenverteilung des bodengebundenen Notarztes war mit $p=0,003$ nach Chi-Quadrat Test signifikant.

Abbildung 27 verdeutlicht besonders die Veränderung der Patientenverteilung des luftgebundenen Notarztes. Vor Einführung des TNO wurden etwas mehr als die Hälfte der Patienten mit schwerem Thoraxtrauma, 56%, in ein RTZ geflogen. Dem ÜTZ wurden 44% der Patienten vor TNO zuverlegt. Nach Etablierung des TNO nahm der Anteil der Patienten die mit dem RTH in ein ÜTZ geflogen wurden auf 10,5% ab. Knapp 90% der Patienten mit schwerem Thoraxtrauma wurden nach TNO luftgebunden in ein RTZ verbracht. Diese Veränderung in der Patientenzuverlegung des luftgebundenen Notarztes war mit $p=0,016$ nach Chi-Quadrat Test signifikant.

Nach TNO Einführung wurden, die Änderungen zusammenfassend, mehr Patienten luft-, wie auch bodengebunden in ein regionales TraumaZentrum gebracht. Konsekutiv wurden weniger Patienten zu einem ÜTZ und LTZ transportiert.

Tabelle 28: Verteilung der Patienten bei führender Verletzungsregion Thorax								
Transportmittel		ÜTZ		RTZ		LTZ		Signifikanz nach Chi-Quadrat
		Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	
Boden	% innerhalb vor/nach TNO	18,6	9,7	47,5	77,4	33,9	12,9	$p=0,003^*$
	Anzahl	11	6	28	48	20	8	
RTH	% innerhalb vor/nach TNO	44,0	10,5	56,0	89,5	-	-	$p=0,016^*$
	Anzahl	11	2	14	17	-	-	

*Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle

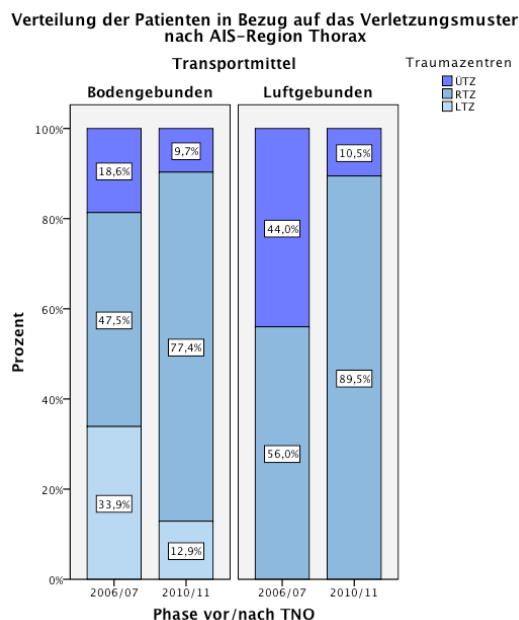


Abbildung 27: Verteilung der Patienten in Bezug auf das Verletzungsmuster nach AIS-Region Thorax ≥ 4

3.3.7.3 Abdominaltrauma als führende Verletzungsregion

Grundlage der folgenden Analyse sind 24 Patientenfälle mit einem AIS \geq 4 des Abdomens und gleichzeitigem AIS-Wert \leq 2 für alle anderen Regionen. Es zeigt sich keine signifikante Veränderung in der Verteilung dieses Patientenkollektivs auf die TraumaZentren in Abhängigkeit des Transportmittels (p=0,700 nach Chi-Quadrat-Test). Tabelle 29 und Abbildung 28 geben einen Überblick über die Verteilung auf die unterschiedlichen TraumaZentren, wobei Ergebnisse aufgrund der geringen Fallzahl vorsichtig zu interpretieren sind. Dennoch lässt sich auch hier die Tendenz beider Transportmittel und vor allem des bodengebundenen Notarztes, häufiger ein RTZ als Ziel zu wählen, erkennen.

Tabelle 29: Verteilung der Patienten bei führender Verletzungsregion Abdomen								
Transportmittel		ÜTZ		RTZ		LTZ		Signifikanz nach Chi-Quadrat
		Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	
Boden	% innerhalb vor/nach TNO	22,2	0,0	22,2	60,0	55,6	40,0	p=0,700*
	Anzahl	2	0	2	6	5	4	
RTH	% innerhalb vor/nach TNO	50,0	33,3	50,0	66,7	-	-	p=0,700*
	Anzahl	1	1	1	2	-	-	

*Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle

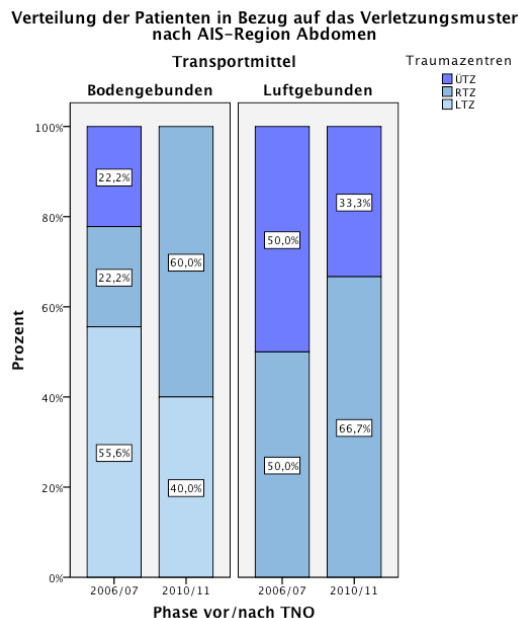


Abbildung 28: Verteilung der Patienten in Bezug auf das Verletzungsmuster nach AIS-Region Abdomen \geq 4

3.3.7.4 Extremitätentrauma als führende Verletzungsregion

Es konnten n=34 Patientenfälle mit einem schweren Extremitätentrauma mit einem AIS ≥ 4 und gleichzeitig mit einem AIS ≤ 2 für alle anderen Regionen erhoben werden. Tabelle 30 und Abbildung 29 zeigen die Verteilung dieser Patientengruppe in Abhängigkeit des Transportmittels auf das jeweilige TraumaZentrum. Der bodengebundene Notarzt brachte nach TNO tendenziell mehr Patienten in ein RTZ (7 Patienten vor TNO, 10 nach TNO). Für das ÜTZ und das LTZ konnte kaum eine Änderung der Patientenverteilung nach TNO durch den bodengebundenen Notarzt erfasst werden. Diese Entwicklung war mit $p=0,824$ nicht signifikant nach dem exakten Test nach Fischer, wobei dieser aufgrund der geringen Fallzahl vorsichtig zu interpretieren ist.

Der RTH zeigte ebenso keine signifikante Veränderung der Patientenverteilung ($p=1,000$ nach exaktem Test nach Fischer) bei wenigen Patientenfällen (n=8).

Tabelle 30: Verteilung der Patienten bei führender Verletzungsregion Extremität								
Transportmittel		ÜTZ		RTZ		LTZ		Signifikanz nach Fischer-Exakt
		Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	
Boden	% innerhalb vor/nach TNO	8,3	7,1	58,3	71,4	33,3	21,4	$p=0,824^*$
	Anzahl	1	1	7	10	4	3	
RTH	% innerhalb vor/nach TNO	50,0	33,3	50,0	50,0	0,0	16,7	$p=1,000^*$
	Anzahl	1	2	1	3	0	1	

*Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle

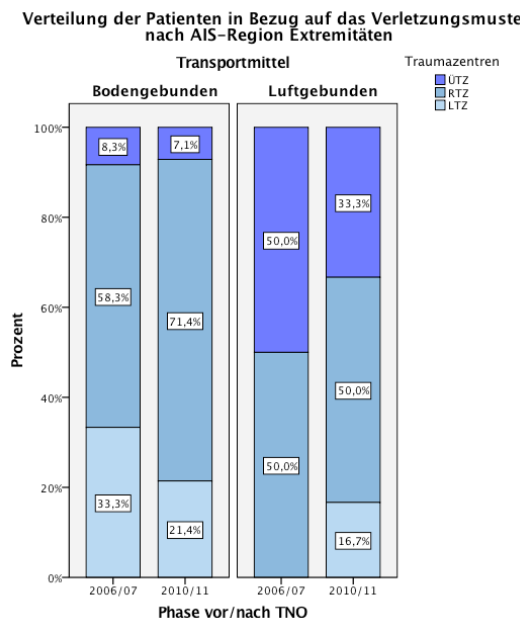


Abbildung 29: Verteilung der Patienten in Bezug auf das Verletzungsmuster nach AIS-Region Extremitäten ≥ 4

3.3.7.5 Schwerste Verletzungen mehrerer Körperregionen

Der nachfolgende Abschnitt gibt eine Analyse der Verteilung von Patienten mit schwersten Verletzungen wider. Es wurden Patienten mit einem AIS ≥ 4 in mindestens 2 Körperregionen ausgewählt und ihre Verteilung auf die Transportmittel und Zielkliniken betrachtet (n=207). Insgesamt konnte beobachtet werden, dass für diese Gruppe der Anteil der Luftrettung bei 42,0% lag. Tabelle 31 zeigt, dass sich in Bezug auf den luftgebundenen Transport im Vergleich der Phasen keine signifikanten Änderungen ergeben haben. Es wurden identische Verteilungsmuster für den RTH erhoben. 51,7% der Patienten wurden vor wie nach TNO in ein ÜTZ geflogen, das RTZ erhielt 48,3% der Patienten (vor und nach TNO). Ein LTZ wurde nicht als Ziel gewählt. Da das Verteilungsverhältnis identisch war, bei unterschiedlichen Fallzahlen (siehe Tabelle 31), lag p nach Chi-Quadrat Test bei 1,000.

Insgesamt wurden Patienten des bodengebundenen Notarztes vermehrt in ein RTZ gebracht. Nach TNO betrug der Anteil des RTZ 76,1% (+18%) während das LTZ und ÜTZ weniger Patienten erhielten und ihr Anteil bei 21,7% (ÜTZ) und 2,2% (LTZ) lag. Besonders das LTZ erhielt nach TNO weniger Patienten, allerdings kann hier bei der sehr geringen Fallzahl dieser Trend nur vorsichtig interpretiert werden (n=10). Mit $p=0,064$ gab es für die Veränderungen im Bereich des bodengebundenen Transports keine Signifikanz, dennoch lässt sich auch hier der Trend aus den vorigen Kapiteln, mehr Patienten in ein regionales TraumaZentrum zu bringen, wiedererkennen.

Tabelle 25: Verteilung der Patienten bei schwersten Verletzungen mehrerer Körperregionen								
Trans- portmittel		ÜTZ		RTZ		LTZ		Signifikanz nach Chi- Quadrat
		Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	
Boden	% innerhalb vor/nach TNO	29,7	21,7	58,1	76,1	12,2	2,2	p=0,064*
	Anzahl	22	10	43	35	9	1	
RTH	% innerhalb vor/nach TNO	51,7	51,7	48,3	48,3	-	-	p=1,000*
	Anzahl	30	15	28	14	-	-	

*Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle

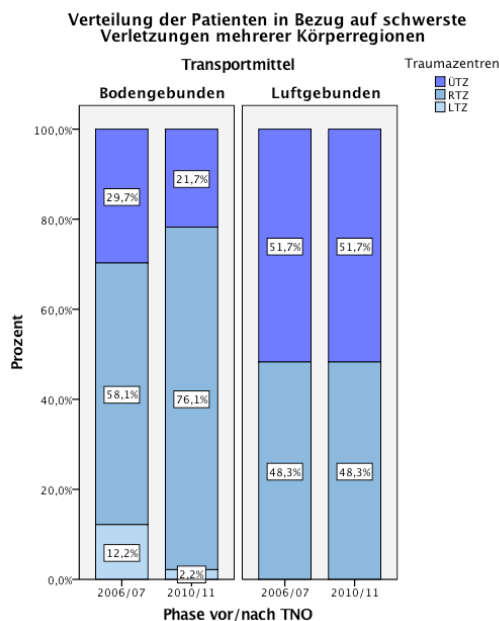


Abbildung 30: Verteilung der Patienten in Bezug auf schwerste Verletzungen mehrerer Körperregionen und das zubringende Transportmittel

3.3.8 Verteilung der Patienten mit präklinischem Schock auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit des Transportmittels

Das folgende Kapitel stellt die Patientenverteilung auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit der Rettungsmittel und des Vorhandenseins eines Schocks im präklinischen Setting dar. Als Schockkriterium wurden hier Patienten mit einem initialen Blutdruck systolisch unter 90mmHg betrachtet. Insgesamt konnten 248 Patienten mit diesem Kriterium erfasst werden, entsprechend 20,9% aller Patienten. Dabei zeigte sich eine signifikante Abnahme der Patienten mit Schock nach TNO (24,5% vor TNO auf 16,6% nach TNO, $p=0,001$).

In Bezug auf das Transportmittel konnte beobachtet werden, dass der Boden-NA vor TNO ein Drittel der Patienten mit Schock in ein ÜTZ (30,4%) und 59,5% in ein RTZ brachte. Der Anteil des RTZ an der Versorgung nahm nach TNO zu auf 74,2%, während der Anteil des ÜTZ auf 22,6% sank. Weniger Patienten erhielt nach TNO auch das LTZ mit 3,2% der Patienten vom bodengebundenen Notarzt (-6,9%). Diese Beobachtung war aber mit $p=0,130$ nicht signifikant.

Im Bereich des RTH konnte eine Zunahme (+10,4%) der Patientenzuweisung in ein ÜTZ nach TNO beobachtet werden. Der Anteil der Patienten, die in ein RTZ kamen, nahm auf 34,5% ab, siehe Tabelle 32. Das LTZ erhielt vom RTH keinen Patienten mit Schock vor wie nach TNO. Auch für diesen Trend, Patienten mit Schock vermehrt in ein überregionales TraumaZentrum zu bringen, gab es mit $p=0,383$ keine Signifikanz.

Tabelle 32: Verteilung der mit präklinischem Schock auf die TraumaZentren in Abhängigkeit des Transportmittels								
Transportmittel		ÜTZ		RTZ		LTZ		Signifikanz nach Fischer-Exakt
		Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	
Boden	% innerhalb vor/nach TNO	30,4	22,6	59,5	74,2	10,1	3,2	p=0,130*
	Anzahl	24	14	47	46	8	2	
RTH	% innerhalb vor/nach TNO	55,1	65,5	44,9	34,5	-	-	p=0,383*
	Anzahl	43	19	35	10	-	-	

*Berechnung für eine 2x3 Kreuztabelle.

3.4 Patientenoutcome

3.4.1 Letalität im Verhältnis zur vorhergesagten Letalität nach RISC

Insgesamt konnte beobachtet werden, dass etwa jeder 6. Patient an seinen Traumafolgen verstarb. Die Gesamtletalität, in Abbildung 31 dargestellt, konnte für alle Patienten (n=1446), die das Krankenhaus lebend erreichten, erfasst werden und betrug 17,9% vor TNO und 18,0% nach TNO. Dieser Unterschied war mit p=0,458 nach Mann-Whitney-U-Test nicht signifikant.

Von allen verstorbenen Patienten starben mit 63,4% die meisten innerhalb der ersten 24 Stunden nach Aufnahme. Der Median lag hier vor TNO bei 0 Tagen und nach TNO bei 1 Tag.

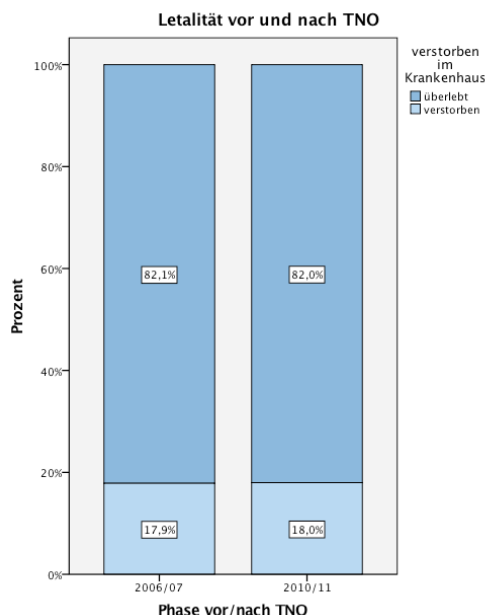


Abbildung 31: Überblick über die Letalität

Um eine Versorgungsqualität zu evaluieren ist es sinnvoll, die tatsächliche Letalität in Zusammenhang mit der vorhergesagten Letalität, hier dargestellt durch den $RISC_{mort}$, zu stellen. Grundlage der folgenden Berechnungen, auch der beobachteten Letalität, sind 1148 Patientenfälle, für die ein gültiger RISC erhoben werden konnte. Tabelle 33 zeigt diese Parameter im Vergleich der Phasen und in Bezug auf das Transportmittel. Grundsätzlich konnte beobachtet werden, dass die vorhergesagte Letalität für beide Transportmittel im Schnitt um 4,0% höher war als die tatsächlich beobachtete.

Für den bodengebundenen Notarzt betrug die Differenz von vorhergesagter zu tatsächlicher Letalität vor TNO 2,9% und nach TNO 4,4%.

Die SMR (standardized mortality ratio) gibt das Verhältnis von beobachteter zu tatsächlicher Letalität an. Sie lag für den bodengebundenen Notarzt vor TNO bei 0,839 und nach TNO bei 0,778. Daraus könnte ein geringer Überlebensvorteil nach TNO abgeleitet werden, jedoch war diese Beobachtung mit $p=0,663$ nicht signifikant. Aus der SMR von 0,858 vor TNO und 0,831 nach TNO für den luftgebundenen Notarzt könnte ebenfalls ein Überlebensvorteil nach TNO abgeleitet werden. Dieses Ergebnis war aber mit $p=0,863$ ebenfalls nicht signifikant.

Im Vergleich des bodengebundenen Notarztes mit dem luftgebundenen Notarzt war die Letalität der Patienten des Luft-NA nach TNO um 5,7% höher (siehe Tabelle 33).

Der Unterschied zwischen vorhergesagter und tatsächlicher Letalität lag hier nach TNO bei 4,4% für den Boden-NA und bei 4,3% für den Luft-NA.

Tabelle 33: Verteilung der beobachteten Letalität mit der vorhergesagten Letalität nach $RISC_{mort}$ in Abhängigkeit des Transportmittels					
Transportmittel		tatsächliche Letalität	Vorhergesagte Letalität	95% Konfidenzintervall RISC	SMR (standardized mortality ratio)
Bodengebunden	Vor TNO	15,1%	18,0%	11,3-17,7%	0,839
	Nach TNO	15,5%	19,9%	13,5-20,4%	0,778
Luftgebunden	Vor TNO	24,9%	29,0%	19,2-29,2%	0,858
	Nach TNO	21,2%	25,5%	14,6-26,1%	0,831
Gesamt	Vor TNO	18,5%	22,2%	15,2-20,5%	0,834
	Nach TNO	17,2%	21,6%	15,1-20,9%	0,798

Für die einzelnen Versorgungsstufen konnten ähnliche SMR ohne signifikante Änderung im Vergleich der Phasen beobachtet werden, siehe Tabelle 34.

Auffällig ist jedoch der - auf den ersten Blick - sehr deutliche Überlebensvorteil der Patienten im LTZ, der durch die niedrige SMR vor wie nach TNO suggeriert wird (0,555 und 0,414). In diese Betrachtung gingen aber auch Patienten ein, die innerhalb von 48 Stunden früh weiterverlegt wurden. Analysiert man nun die SMR der Patienten des LTZ nur für primäre Patienten ohne die, die weiterverlegt wurden, ergibt dies eine SMR von 0,887 vor wie nach TNO ($p=0,999$, T-Test). Somit zeigte sich eine ähnliche SMR für alle Versorgungsstufen ohne signifikante Änderung nach TNO. Zwischen den Transportmitteln gab es nach TNO anhand der SMR keine signifikanten Unterschiede mit $p=0,725$ nach T-Test.

Tabelle 34: Verteilung der beobachteten Letalität mit der vorhergesagten Letalität nach RISC in Bezug auf die TraumaZentren				
TraumaZentrum	SMR vor TNO	SMR nach TNO	Differenz	Signifikanz nach T-Test
ÜTZ	0,860	0,855	-0,005	0,979
RTZ	0,813	0,872	+0,059	0,639
LTZ	0,555	0,414	-0,141	0,655

3.4.2 Dauer der stationären Behandlung

3.4.2.1 *Krankenhausliegedauer insgesamt*

Der folgende Abschnitt gibt mit Tabelle 35 und Abbildung 32 einen Überblick über die Dauer der Krankenhausbehandlung insgesamt im Vergleich der Phasen. Patienten, die innerhalb von 48 Stunden nach Aufnahme weiterverlegt wurden, werden in diesem und im folgenden Kapitel 3.4.2.2 in die weitere Analyse nicht miteingeschlossen. Daher waren 1269 Patientenfälle Grundlage für die folgenden Berechnungen.

Es konnte eine im Durchschnitt verkürzte Liegedauer nach TNO mit einem Mittelwert von 17,29 Tagen beobachtet werden. Der Median spiegelt diese Tendenz ebenfalls wider, vor TNO waren es 16, nach TNO 14 Tage. In Abbildung 32 fällt nach TNO insgesamt eine geringere Spannweite der Werte auf, in Einzelfällen waren Patienten bis zu 108 bzw. 101 Tage im Krankenhaus. Diese Entwicklung war nach Mann-Whitney-U Test mit $p=0,004$ signifikant.

Tabelle 35: Krankenhausliegedauer vor und nach TNO			
		Vor TNO	Nach TNO
Krankenhaustage	Mittelwert	19,07	17,29
	Standardabweichung	15,33	15,57
	95% Konfidenzintervall mit Untergrenze/Obergrenze des Mittelwertes	17,92 / 20,21	16,02 / 18,56
	Median	16	14
p=0,004 nach Mann-Whitney-U-Test			

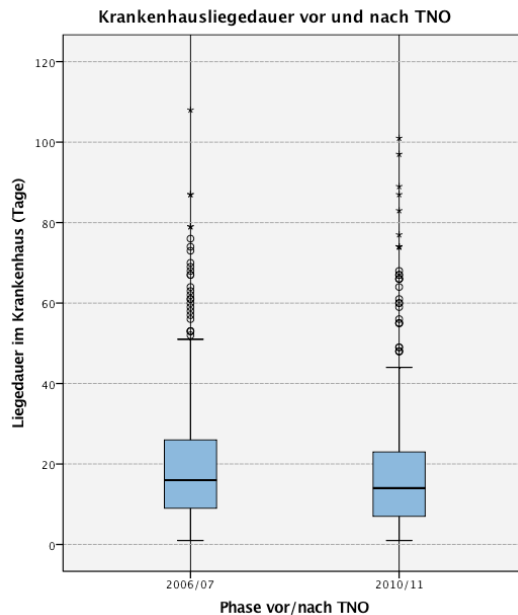


Abbildung 32: Überblick über die Krankenhausliegedauer

Für die nachfolgende Analyse wurde die Krankenhausliegedauer in Bezug auf die TraumaZentren betrachtet. Signifikante Änderungen mit $p < 0,001$ nach Mann-Whitney-U-Test konnten nur für das RTZ beobachtet werden, siehe Tabelle 36. Hier zeigte sich in Bezug auf den Median eine deutliche Reduktion der Liegedauer von 18,0 Tagen vor TNO auf 13,0 Tage nach TNO. Der Mittelwert zeigte diese Entwicklung ebenfalls, er sank auf 17,12 Tage nach TNO (-2,98 Tage).

Eine Tendenz zur kürzeren Krankenhausbehandlung konnte auch beim LTZ beobachtet werden. Der Mittelwert unterschied sich um -0,36 Tage nach TNO auf 15,97 Tage. Der Median lag vor TNO bei 12,0 Tagen und nach TNO bei 13,5 Tagen. Allerdings gab es für diese Veränderung keine Signifikanz ($p = 0,870$).

Für das überregionale TraumaZentrum ließ sich keine größere Änderung ($p = 0,917$) der Krankenhausliegedauer feststellen. Der Mittelwert unterschied sich um -0,23 Tage nach TNO auf 18,09 Tage, bei einem Median von 15,0 Tagen vor und 15,5 Tagen nach TNO.

In der Summe zeigte sich also eine ähnliche Verweildauer für alle Versorgungsstufen ohne bedeutende Veränderung nach TNO für das LTZ und ÜTZ. Eine deutlich kürzere Verweildauer konnte nur für das RTZ beobachtet werden.

Tabelle 36: Krankenhaustage vor und nach TNO in Bezug auf die TraumaZentren				
Trauma-zentrum	Statistik	Vor TNO	Nach TNO	Signifikanz nach Mann-Whitney-U
ÜTZ	Mittelwert	18,32	18,09	p=0,917
	Standardabweichung	16,25	15,59	
	95% Konfidenzintervall mit Untergrenze/Obergrenze des Mittelwertes	16,32 / 20,31	15,43 / 20,75	
	Median	15,0	15,5	
RTZ	Mittelwert	20,10	17,12	p<0,001
	Standardabweichung	14,96	15,83	
	95% Konfidenzintervall mit Untergrenze/Obergrenze des Mittelwertes	18,56 / 21,63	15,59 / 18,65	
	Median	18,0	13,0	
LTZ	Mittelwert	16,33	15,97	p=0,870
	Standardabweichung	13,35	11,56	
	95% Konfidenzintervall mit Untergrenze/Obergrenze des Mittelwertes	13,07 / 19,58	11,65 / 20,28	
	Median	12,0	13,5	

3.4.2.2 Dauer einer Intensivbehandlung

Tabelle 37: Intensivverweildauer vor und nach TNO			
		Vor TNO	Nach TNO
Intensivtage	Mittelwert	10,15	8,69
	Standardabweichung	13,07	10,44
	95% Konfidenzintervall mit Untergrenze/Obergrenze des Mittelwertes	9,12 / 11,18	7,79 / 9,59
	Median	7	5
p=0,001 nach Mann-Whitney-U-Test			

Im Vergleich der Phasen wurden 89,4% der Patienten vor und 90,0% der Patienten nach TNO auf einer Intensivstation behandelt. Dieser Unterschied war nach Chi-Quadrat Test nicht signifikant (p=0,206) Die Gesamtdauer der Intensivbehandlung konnte für 1138 Patienten erhoben werden. Im Mittel lag sie vor TNO bei 10,15 Tagen und reduzierte sich nach TNO auf 8,69 Tage. Der bereits im vorherigen Kapitel 3.4.2.1 beobachtete Trend zur kürzeren Krankenhausbehandlung nach TNO setzte sich auch hier in einer kürzeren Intensivliegedauer fort und war mit p=0,001 nach Mann-Whitney-U Test signifikant. Zur tiefergehenden Analyse der Intensivbehandlungsdauer wurden die verschiedenen Versorgungsstufen einzeln betrachtet. Tabelle 38 gibt hierzu einen Überblick. Für das ÜTZ konnte eine signifikante Änderung mit p=0,003 nach Mann-Whitney-U-Test festgestellt werden. Im Schnitt lagen Patienten im ÜTZ 2,76 Tage weniger auf einer

Intensivstation als vor TNO. Dies zeigte auch der Median, der von 9,0 Tagen vor TNO auf 5,0 Tage nach TNO sank.

Das RTZ zeigte ebenfalls einen Trend zur kürzeren Intensivbehandlung nach TNO, der nicht ganz so ausgeprägt war, wie beim ÜTZ. Der Median lag hier bei 6,0 Tagen vor TNO und 5,0 Tagen nach TNO. Ein kleiner Unterschied war im Vergleich der Mittelwerte erkennbar (-1,06 Tage nach TNO). Diese Beobachtung war mit $p=0,052$ nicht signifikant aber nahe am gesetzten Signifikanzniveau.

Für das LTZ konnte eine Änderung der Mittelwerte und des Medianes beobachtet werden. Vor TNO lagen Patienten im Durchschnitt 6,77 Tage auf einer Intensivstation, nach TNO 8,07 Tage. Der Median differierte um +0,5 Tage nach TNO. Diese Veränderungen waren mit $p=0,978$ nicht signifikant.

Insgesamt zeigte sich für die RTZ und LTZ im Vergleich der Phasen keine signifikante Änderung der Intensivverweildauer, wobei für die RTZ eine Tendenz zur kürzeren Verweildauer auf der Intensivstation sichtbar wird. Signifikant zeigte sich dieser Trend zur kürzeren Intensivbehandlung nur für die ÜTZ.

Tabelle 38: Intensivverweildauer (Tage) vor und nach TNO in Bezug auf die TraumaZentren				
Trauma-zentrum	Statistik	Vor TNO	Nach TNO	Signifikanz nach Mann-Whitney-U
ÜTZ	Mittelwert	11,82	9,06	p=0,003
	Standardabweichung	11,99	10,36	
	95% Konfidenzintervall mit Untergrenze/Obergrenze des Mittelwertes	10,22 / 13,44	7,25 / 10,87	
	Median	9,0	5,0	
RTZ	Mittelwert	9,66	8,60	p=0,052
	Standardabweichung	14,32	10,38	
	95% Konfidenzintervall mit Untergrenze/Obergrenze des Mittelwertes	8,15 / 11,18	7,53 / 9,67	
	Median	6,0	5,0	
LTZ	Mittelwert	6,77	8,07	p=0,978
	Standardabweichung	7,00	11,85	
	95% Konfidenzintervall mit Untergrenze/Obergrenze des Mittelwertes	4,93 / 8,61	3,47 / 12,67	
	Median	4,0	4,5	

3.4.3 Outcome in Bezug auf die frühe Weiterverlegung in ein anderes Krankenhaus

Im folgenden Kapitel wurde untersucht, wie häufig Patienten aus dem erstaufnehmenden Krankenhaus weiterverlegt wurden. Dabei wurden für diese Analyse nur Patientenfälle eingeschlossen, die innerhalb der ersten 48 Stunden (=frühe Weiterverlegung) nach Aufnahme in der Primärklinik in ein anderes Krankenhaus verlegt wurden. Insgesamt wurden 177 von 1446 Patienten innerhalb der ersten 48 Stunden weiterverlegt. Dies

entspricht einem Anteil von 12,2%. Davon wurden 32,2% der Patienten außerhalb und 67,8% innerhalb des TNO verlegt.

Im Vergleich der Phasen zeigte sich ein geringgradiger Zuwachs der Weiterverlegungen nach TNO von ursprünglich 11,9% (vor TNO) auf 12,7%. Für diese Beobachtung gab es mit $p=0,633$ nach Chi-Quadrat-Test jedoch keine Signifikanz.

In Tabelle 39 ist die Weiterverlegung in Bezug zum Transportmittel und zur Zielklinik dargestellt. Hierbei konnte in Bezug auf die Quote an Weiterverlegungen in Prozent des bodengebundenen Notarztes keine signifikante Änderung nach TNO ($p=0,836$) beobachtet werden. 48,2% der Patienten des Boden-NA, die in ein LTZ kamen, wurden nach TNO weiterverlegt (vor TNO 41,4%). Dieser Unterschied innerhalb der Patienten der LTZ im Vergleich der Phasen war mit $p=0,414$ nicht signifikant nach Chi-Quadrat-Test. Es konnte eine leichte Zunahme an Weiterverlegungen aus den RTZ von 11,1% der Patienten des Boden-NA auf 14,7% beobachtet werden. Das ÜTZ verlegte vor wie nach TNO keinen Patienten der vom Boden-NA gebracht wurde.

Für den luftgebundenen Transport konnte eine Reduktion um 2,4% der Weiterverlegungen für das RTZ auf 3,5% nach TNO beobachtet werden, das ÜTZ verlegte vor wie nach TNO kaum Patienten (1,9% vor und 0,0% nach TNO). Für diese Beobachtungen gab es keine Signifikanz ($p=0,377$ nach Chi-Quadrat-Test). Das LTZ erhielt keinen Patienten vom RTH, der weiterverlegt wurde.

Zusammenfassend hat sich die Quote an Weiterverlegungen prozentual für beide Transportmittel nach TNO nicht bedeutend geändert. Auffällig ist im Vergleich der Versorgungsstufen jedoch die hohe Quote an früh weiterverlegten Patienten aus dem LTZ heraus.

Tabelle 39: Überblick über früh weiterverlegte Patienten in Abhängigkeit des Transportmittels (und der TraumaZentren)								
Transportmittel		ÜTZ		RTZ		LTZ		Signifikanz nach Chi-Quadrat
		Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	Vor TNO	Nach TNO	
Boden	% innerhalb vor/nach TNO	-	-	11,1	14,7	41,4	48,2	$p=0,836^*$
	Anzahl	-	-	29	51	46	27	
RTH	% innerhalb vor/nach TNO	1,9	0,0	5,9	3,5	-	-	$p=0,377^*$
	Anzahl	3	0	7	4	-	-	

*Berechnung für eine 2x2 Kreuztabelle

4 Diskussion

In der folgenden Diskussion sollen die schon in der Einleitung aufgebrachten Fragen anhand der vorliegenden Daten beantwortet werden:

- Hat sich in Bezug auf die Schwerverletztenversorgung durch Einführung des TNO die Patientenverteilung auf die Zielkliniken verändert?
- Wird der "richtige Patient" in die "richtige Klinik" gebracht? Gibt es Unterschiede im Patientengut der jeweiligen Transportmittel?
- Inwiefern sind die unterschiedlichen Versorgungsstufen an der Versorgung von Schwerverletzten insgesamt beteiligt?

4.1 Patientengut und dessen Veränderung nach Einführung des TNO

4.1.1 Geschlechter- und Altersverteilung

Das Patientengut dieser Arbeit war zum größten Teil männlich (71,8%) wie in den meisten anderen Arbeiten der Polytraumaforschung auch.^{47,48,49} In Bezug auf die Geschlechterverteilung zeigte sich kein Unterschied für die verschiedenen Phasen. Möglicherweise ist der hohe Anteil an Männern durch eine vermehrte berufliche Gefahrenexposition wie beispielsweise als Maschinenmechaniker oder -schlosser, im Baugewerbe, als Kraftfahrzeugführer und durch riskantere Freizeittätigkeiten, wie zum Beispiel Motorradfahren, erklärbar.^{50,51,52} Zudem sind in der Gruppe der jungen Erwachsenen die Männer in Bezug auf ihr Fahrverhalten bei Verkehrsunfällen deutlich risikobereiter als Frauen dieses Alters.⁵³

Das Durchschnittsalter von 42,71 Jahren vor TNO war signifikant geringer als nach TNO mit einem Mittelwert von 48,01 Jahren. Arbeiten aus Daten des TraumaRegisters zeigen mit 49,2 Jahren in Bezug auf die letzten 10 Jahre aber eine ähnliche Altersstruktur, zumindest für die Phase nach TNO.^{48,49,54} Warum das Durchschnittsalter vor TNO deutlich geringer war als nach TNO ist aus der Datenlage nicht ersichtlich. Möglicherweise war die tatsächliche Verletzungsschwere präklinisch nicht deutlich ersichtlich sodass sich vor allem bei älteren Patienten, die durch ihre Komorbiditäten noch schwieriger einschätzbar sind, erst nach Aufnahme in der Klinik eine höhere Verletzungsschwere herausstellte als ursprünglich angenommen.⁵⁵ Solche Patienten wären dann bei fehlender Schockraumbehandlung retrospektiv (für die Jahre 2006/07) vom Doktorandenteam nicht erfasst worden. Eine andere Ursache könnte sein, dass es vor TNO keine einheitlichen Standards gab ab wann ein Patient in einem Schockraum behandelt werden sollte, sodass dies im alleinigen Ermessen des Notarztes lag und eventuell dadurch stark differierte.

4.1.2 Verletzungsschwere der Patienten in Bezug auf die Injury Severity Scale und New Injury Severity Scale

In der vorliegenden Arbeit zeigt sich ein signifikanter Unterschied in der Verletzungsschwere der Patienten nach ISS und NISS im Vergleich der Phasen. Die Patienten waren vor TNO mit einem mittleren ISS von 30,38 und einem NISS von 37,21 schwerer verletzt als nach TNO (ISS 27,14; NISS 33,39; $p < 0,001$). Die durchschnittliche Verletzungsschwere ist der in anderen Studien mit vergleichbaren Einschlusskriterien beobachteten Verletzungsschwere sehr ähnlich. Zudem spiegelt sich der Rückgang der Verletzungsschwere auch in den Jahresberichten des TraumaRegisters wider.^{48,56,57,75} Der Rückgang der Verletzungsschwere könnte unter anderem durch verbesserte Sicherheitssysteme in der Automobilindustrie und am Arbeitsplatz zu erklären sein.^{50,58,59,60,61} Ob der geschilderte Effekt in einem 6-Jahreszeitraum zu erkennen ist, bleibt offen. Andererseits stellt sich die Frage, ob ein statistisch signifikanter Unterschied von 3,24 ISS-Punkten und 3,82 NISS-Punkten eine tatsächliche klinische Relevanz hat. Weiterhin ist es möglich, dass aufgrund der unterschiedlichen Erhebungsmethoden und ggf. Schockraumeinschlusskriterien (siehe 4.1.1.) ein Unterschied auftrat.

4.1.3 Unfallhergang

Als Ursache für eine schwere Verletzung waren mit 63,9% die Verkehrsunfälle am Häufigsten. Dabei nahmen Verkehrsunfälle mit dem PKW den größten Anteil von 36,9% ein. Neben den Verkehrsunfällen waren Stürze die zweithäufigste Traumaursache, wobei in Bezug auf diesen Unfallhergang im Vergleich der Phasen eine signifikante Zunahme der Stürze unter 3m beobachtet werden konnte (10,5% vor TNO zu 18,5% nach TNO, $p < 0,001$). Mit 6,8% sind andere Traumaursachen wie Stich- und Schussverletzungen oder Stromunfälle eher selten. Die Art des Unfallherganges hat sich im Vergleich der Phasen bis auf die Stürze unter 3m kaum verändert

Insgesamt ist das Verhältnis der Unfallhergänge, insbesondere mit den häufigen PKW-Unfällen, in vielen anderen Studien ähnlicher Einschlusskriterien vergleichbar.^{47,48,52,79}

Eine mögliche Erklärung für die Zunahme an Stürzen könnte, wie in Kapitel 4.1.1 auch schon beobachtet, ein steigendes Patientenalter und damit verbunden ein höheres Sturzrisiko sein. So waren 56% aller unter 3m gestürzten Patienten älter als 66 Jahre. Zudem könnten ältere Patienten bei gleicher Kraftereinwirkung schwerer verletzt sein als jüngere Patienten aufgrund ihrer Komorbiditäten.⁶²

4.2 Patientenverteilung auf die Versorgungsstufen und deren Veränderung nach Einführung des TNO unter Berücksichtigung des Transportmittels

4.2.1 Verteilung auf die Transportmittel insgesamt

In dieser Studie wurde für 1396 Patienten (96,5% der Datenbank) ein Transportmittel erfasst. Den Hauptanteil an der präklinischen Versorgung hatte der bodengebundene Notarzt mit mehr als 71,4% (Wert nach Einführung des TNO). Es zeigte sich im Vergleich der Phasen ein signifikanter Rückgang des Lufttransportes von ursprünglich 37,8% auf

28,6% nach TNO und damit gleichzeitig eine Zunahme des bodengebundenen Transportes von 62,2% auf 71,4%.

Diese Beobachtung zeigt auch eine Studie von Schweigkofler et al.⁷⁵ mit 39.916 Fällen des Traumaregisters zwischen 2005 und 2011. Der Anteil der Luftrettung hatte hier einen Gesamtanteil von 33%, war aber im Verlauf der Jahre kontinuierlich von 43% (2005) bis auf 27% (2011) zurückgegangen. Eine Erklärung hierfür gaben Schweigkofler et al. nicht.⁷⁵ Fraglich bleibt trotzdem, weshalb der Lufttransport insgesamt abgenommen hat. Möglicherweise ist dies durch den immer größer werdenden Anteil an internistischen und neurologischen Krankheitsbildern bedingt. Zu Beginn der Luftrettung in den 1980er Jahren waren der Hauptanteil der Patienten des RTH traumatologischer Natur und internistische Notfälle eher selten. Seither wurde eine stetige Zunahme der Anteile der kardiovaskulären und neurologischen Notfälle des Patientengutes des RTH beobachtet.^{63, 64, 78} Eventuell war dadurch der Hubschrauber anderweitig belegt und nicht immer disponierbar. Schweigkofler et al. beschrieben zudem, dass 34,4% der Polytraumata (bei ihm definiert durch ISS > 8) in der sogenannten "fliegerischen Nacht" geschehen, sodass der RTH diesen Anteil gar nicht transportieren konnte.⁷⁵ RTH mit Nachtflugerlaubnis sind in Deutschland selten - für Bayern gibt es nur 3 davon: den RTH Regensburg, München und Nürnberg.

Ein weiterer Aspekt könnte sein, dass die Nachforderung eines RTH relativ viel Zeit kostet und daher zugunsten eines schnelleren Transportbeginns auf die Nachforderung verzichtet wurde.^{65, 78} Im TraumaNetzwerk Ostbayern ist allerdings die im Weißbuch der Schwerverletztenversorgung festgelegte Transportzeit von max. 30 min. zu berücksichtigen, die nicht überschritten werden sollte.^{66, 78}

4.2.2 Verteilung auf die Versorgungsstufen

Insgesamt wurden mit 60,9% die meisten Patienten in einem RTZ behandelt, die wenigsten in einem lokalen TraumaZentrum (11,8%). Die ÜTZ hatten einen Anteil von 27,2% an der Versorgung.

Nach Etablierung des TraumaNetzwerkes Ostbayern konnten signifikante ($p < 0,001$) Veränderungen in der Verteilung der Patienten auf die unterschiedlichen Versorgungsstufen der TraumaZentren beobachtet werden.

Nach TNO zeigte sich eine deutliche Verschiebung des Patientengutes weg von den überregionalen und lokalen TraumaZentren hin zu den regionalen Versorgern. Die RTZ leisteten dadurch zu 71,1% fast zwei Drittel der Polytraumaerstversorgungen. Die LTZ wurden mit 8,6% kaum beteiligt; die ÜTZ erhielten nur noch 20,2% aller hier betrachteten Patienten. Dies entspricht einer Zunahme um 18,8% für das RTZ und Abnahmen von 13,0% und 5,9% für die ÜTZ und LTZ nach TNO Etablierung.

Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen zeigt der Jahresbericht des TraumaRegisters der DGU® für das Jahr 2016, erstellt von Lefering et al., einen höheren Versorgungsanteil der ÜTZ mit 57,9% und einen kleineren Anteil von 32,0% für die RTZ.⁴⁸ In Bezug auf die lokalen TraumaZentren sind sich die Beobachtungen ähnlich (10,2% gesamt dieser Arbeit zu 11,8% Lefering et. al).

Dieser Unterschied der Versorgungsanteile ist durch die verschiedenen infrastrukturellen Besonderheiten zwischen Gesamtdeutschland, auf die sich der Jahresbericht der DGU bezieht, und der Region Ostbayern erklärbar. Der Jahresbericht der DGU bezog sich auf

124 überregionale, 233 regionale und 279 lokal zertifizierte TraumaZentren (Verhältnis ÜTZ:RTZ:LTZ; 1:1,9:2,3). Im Flächenstaat Ostbayern hingegen existierten zur Zeit der Datenerhebung einzig in Regensburg 2 überregionale TraumaZentren auf 9 regionale und 14 lokale TraumaZentren (1:4,5:7).⁶⁷ Somit liegt für das TNO ein deutlich geringeres Verhältnis von ÜTZ zu RTZ und LTZ vor. Aufgrund der doch weiten Transportwege von teilweise mehr als 90 Minuten Fahrtzeit aus entlegenen Regionen zu einem überregionalen Versorger, könnte daher in Ostbayern ein regionales TraumaZentrum als schneller erreichbares Ziel gewählt worden sein.⁶⁸

Insgesamt ist die Studienlage in Bezug auf die Änderung der Patientenverteilung nach Etablierung eines Traumanetzwerkes, insbesondere in Abhängigkeit des Transportmittels, sehr dünn. Lediglich internationale Studien aus den USA haben Zuweisungsstrategien nach Einführung eines TN untersucht. Allerdings lassen sich die dort gezeigten Beobachtungen auf das deutsche System nur schwer übertragen.⁷² Allein die infrastrukturellen Besonderheiten, ein unterschiedliches präklinisches Rettungssystem (Paramedics mit der Devise "scoop and run", keine Notärzte) und die Art der Verletzungen (in Deutschland mehr stumpfe Traumata; USA viele penetrierende Verletzungen) sind für Deutschland und die USA sehr verschieden.^{69,70,71}

Die wenigen vorhandenen Studien, die sich mit der Änderung von Patientenzuweisungen auf verschiedene Kliniken nach Implementierung eines Traumanetzwerkes befassen, zeigen aber ebenfalls, dass es hier signifikante Veränderungen gab.

In einer amerikanischen Studie von Barquist et al. zum New York State Trauma System, zeigte sich, dass nach Einführung eines Traumasystems in einer ländlichen Region (hier die "Finger Lake Region") Patienten signifikant häufiger direkt in ein Traumazentrum gebracht wurden.⁷² Dabei muss angemerkt werden, dass für diese Region ein Level I und zwei Level II Traumazentren existierten gegenüber 15 Nicht-Traumazentren. Ein Zusammenschluss mehrerer Kliniken, so wie hierzulande im TNO, existierte dabei nicht. Zudem schloss die Studie auch leichter verletzte Patienten mit einem ISS ab 9 ein.

In einer weiteren amerikanischen Studie von Mullins et. al. wurde untersucht, wie sich die Etablierung eines Traumanetzwerkes in einer Region auf das Outcome der Patienten auswirkt. Mullins et. al. stellten dabei auch fest, dass nach Etablierung des Netzwerkes deutlich mehr Patienten in ein Level 1 (ungefähr einem ÜTZ entsprechend) als zu anderen TZ oder Nicht-TZ gebracht wurden.⁷³ Eine Vergleichbarkeit dieser Studie mit der vorliegenden Arbeit ist dennoch schwer, da das amerikanische präklinische System sich deutlich vom deutschen unterscheidet. Zudem war das Erhebungsgebiet urban, sodass geografisch auf wenigen Quadratkilometern jedwede Versorgungsmöglichkeit erreichbar war. Eine Unterscheidung des zubringenden Transportmittels wurde in dieser Studie auch nicht durchgeführt, sodass zwar insgesamt gezeigt werden konnte, dass ein Traumanetzwerk signifikante Effekte auf die Patientenströme hatte, aber worin diese genau begründet waren, bleibt unklar.

Eine weitere Studie zum Oregon trauma system, ebenfalls von Mullins et. al. untersuchte die Effekte dieses Traumanetzwerkes vor und nach dessen Etablierung. Hier wurden Patientenzuweisungen in einer ländlich geprägten Region mit einem urbanen Zentrum untersucht. Nach Etablierung des Traumanetzwerkes konnte gezeigt werden, dass ein Level 1 Zentrum deutlich häufiger Patienten erhielt und ein Level 3 und 4 Zentrum (ungefähr einem LTZ entsprechend) weniger Patienten. Besonders Patienten mit SHT

profitierten von dem System und wurden häufiger in ein Level I Zentrum gebracht. Auch wenn es keine bedeutenden Änderungen in der Patientenverteilung zu einem Level 2 Zentrum (ungefähr ein RTZ hierzulande) in dieser Studie gab, so sind die Effekte des Oregon trauma systems mit dieser Arbeit am ehesten vergleichbar. In Bezug auf das Transportmittel wurden hier jedoch keine Aussagen getroffen.⁷⁴

Für Deutschland existiert keine Studie, die die Effekte eines Traumanetzwerkes in Bezug auf Transportmittel und Zuweisungsstrategien vor und nach Etablierung eines Netzwerkes untersucht. Diese Arbeit ist die erste, die sich mit dieser Thematik befasst und leistet einen wichtigen Beitrag zur Evaluierung und zum Qualitätsmanagement von deutschen Traumanetzwerken, insbesondere dem Ostbayerischen. Dies ist umso wichtiger, da die Traumanetzwerke ja gerade in ländlichen Gebieten mit wenig Krankenhausdichte (und weniger ÜTZ pro km²) die Versorgung Schwerstverletzter sicherstellen sollen. Dies ist ein Kernanliegen des Weißbuchs der Schwerverletztenversorgung.⁷⁷

In wieweit sich die hier gefundenen Ergebnisse auf andere Traumanetzwerke übertragen lassen, hängt stark von den dort vorherrschenden, infrastrukturellen Gegebenheiten (insbesondere der Länge der Transportwege und der schon bestehenden Krankenhauslandschaft) ab.

4.2.3 Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit des Transportmittels

Nach Etablierung des TNO konnten in Bezug auf die Patientenverteilung signifikante Unterschiede für beide Transportmittel beobachtet werden.

Dabei zeigte sich insgesamt eine Halbierung der Zuweisungshäufigkeit des Boden-NA in ein lokales TraumaZentrum von 24,0% (n=111) vor TNO auf 12,0% (n=56) nach TNO (p<0,001).

Generell scheint der luftgebundene Patiententransport in ein LTZ kaum eine Rolle zu spielen.⁷⁵ In dieser Arbeit waren es 0 Patienten vor TNO und 1 Patient nach TNO. In diesem Einzelfall, der per RTH in ein LTZ gebracht wurde, handelte es sich um einen 58 Jahre alten männlichen Patienten mit isoliertem Extremitätentrauma und ISS 17 nach Sturz >3m. Dieser Patient verblieb auch zur definitiven Versorgung vor Ort und wurde nicht weiterverlegt. Warum dieser Patient in ein LTZ geflogen wurde, ist aus der Datenlage nicht ersichtlich.

Die regionalen TraumaZentren hatten, wie bereits im vorigen Kapitel beschrieben, den größten Anteil an der Versorgung und erhielten 74,7% der Patienten des Boden-NA nach TNO. Dies entspricht einer signifikanten Zunahme von 18,2% (p<0,001). Auch der RTH brachte seine Patienten nach TNO mit 61,0% signifikant häufiger in ein RTZ (+18,7%, p<0,001).

Das ÜTZ erhielt vor wie nach TNO nur einen kleineren Anteil der bodengebunden transportierten Patienten mit 16,4% insgesamt (19,5% vor und 13,3% nach TNO). Dies entspricht einem mit p=0,011 signifikanten Rückgang der Einlieferungen um 6,2%. Insgesamt war der Anteil der Patienten, die in ein ÜTZ gebracht wurden, beim Lufttransport mit über 50% deutlich größer als beim bodengebundenen Transport. Nach

Etablierung des TNO konnte jedoch ein signifikanter ($p < 0,001$) Rückgang um 19,2% von 57,7% auf 38,5% beobachtet werden.

Zusammenfassend ergab sich durch den bodengebundenen Transport nach TNO eine Verringerung der Transporte in ÜTZ (-6,2%) und LTZ (-12%) hin zum RTZ, welches nun zu 18,2% vom Boden-NA mehr angefahren wird. Beim luftgebundenen Transport zeigt sich eine ähnliche Tendenz, nur, dass hier der Shift vor allem von den ÜTZ zu den RTZ geht (zu etwa 19%), da das LTZ fast nie als Ziel gewählt wurde.

Insgesamt gibt es, wie oben beschrieben, kaum Studien, die eine Verteilung von Patienten auf Zielkliniken unterschiedlicher Versorgungsqualitäten untersucht haben, was eine Vergleichbarkeit dieser Arbeit mit anderen Studienergebnissen deutlich erschwert, aber gleichzeitig auch die Wichtigkeit dieser Arbeit unterstreicht.

In einer Studie von Schweigkofler et al. wurde für Deutschland untersucht, mit welchem Transportmittel ein schwerverletzter Patient in welches Krankenhaus gebracht wurde. Hier zeigten sich teilweise deutlich verschiedene Zuweisungshäufigkeiten für die TraumaZentren im Vergleich zu den beobachteten Ergebnissen dieser Arbeit.⁷⁵ Schweigkofler et al. untersuchte 38.986 Patientenfälle mit einem ISS ≥ 9 zwischen 2005 und 2011, die im TR-DGU für ganz Deutschland erfasst worden sind. Dabei beschreibt er den Anteil der Schwerverletzten die vom RTH in ein ÜTZ gebracht wurden auf 85%, 14% für das RTZ und weniger als 1% für das LTZ.⁷⁵

Der Boden-NA transportierte in der Studie von Schweigkofler et al. 61% der Patienten in ein ÜTZ, 34% in ein RTZ und 6% in ein LTZ.

In Bezug auf das LTZ und den Lufttransport decken sich die Beobachtungen von Schweigkofler et al. mit der vorliegenden Arbeit, allerdings zeigen sich deutlich unterschiedliche Beobachtungen in der Zuweisung der Luftrettung auf die regionalen und überregionalen TraumaZentren. Der RTH brachte in der Untersuchung Schweighofer et al. Patienten zu 85% in ein ÜTZ und zu 14% in ein RTZ. Demgegenüber steht in dieser Arbeit ein Anteil von 61,0% der Patienten des RTH im TraumaNetzwerk Ostbayern, die nach TNO in ein RTZ kamen, sowie ein Anteil von 38,5% für das ÜTZ nach TNO.

Auch im Hinblick auf den bodengebundenen Transport differieren die Beobachtungen: In der vorliegenden Arbeit wurde die Masse der Patienten per Boden-NA in ein RTZ gebracht, in der Studie von Schweigkofler et al. wurden sie zu 61% in ein ÜTZ gebracht. Dies könnte in der infrastrukturellen Besonderheit des Flächenstaates Ostbayern und der Tatsache, dass in dieser Region nur 2 überregionale Versorger in Regensburg waren, begründet sein. Eine Vergleichbarkeit der vorliegenden Arbeit, die sich im Speziellen mit dem TNO befasst, ist somit mit anderen Traumanetzwerken erschwert. Außerdem wird in der Studie Schweigkoflers et al. nicht dezidiert zwischen den Jahren 2006/07 und 2010/11 unterschieden, so dass die Ergebnisse durch eine Zunahme an Zertifizierungen für überregionale TraumaZentren in Deutschland nach 2008 verfälscht sein könnten.

Hinzu kommt, dass ein bodengebundener Notarzt in anderen Regionen Deutschlands sicher wissen muss, dass ein Patient auch in einem Haus der Schwerpunktversorgung adäquat behandelt werden kann. Tut er das nicht, so ist es in Regionen, die nicht so ländlich geprägt sind wie der ostbayerische Raum, sicherlich die einfachste Variante, den Patienten in ein Haus der Maximalversorgung zu fahren. Dabei wird aber die Rolle des überregionalen Versorgers einer Netzwerkregion verkannt - ein ÜTZ sollte nicht als "Sammelstelle" für alle Patienten dienen und die Versorgung Polytraumatisierter für sich

alleine beanspruchen. Vielmehr sollte es eine "Schutzhütte" für alle anderen Kliniken im Netzwerkverbund sein, mit der im Weißbuch der Schwerverletztenversorgung zugrunde gelegten Übernahmegarantie.^{77,80}

Wie bereits zu Beginn dieses Kapitels erwähnt und auch aus der zuletzt beschriebenen Studie ersichtlich, gibt es kaum Studien, die sich mit der Patientenverteilung auf die verschiedenen Versorgungsstufen nach Etablierung eines Traumanetzwerkes befassen. Darüber hinaus existiert im Speziellen keine einzige vergleichbare Studie, die die Patientenverteilung in Abhängigkeit des Transportmittels untersuchte.

4.2.4 Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit der Verletzungsschwere nach ISS und NISS und des Transportmittels

Grundsätzlich zeigte sich ein Unterschied der Verletzungsschwere der Patienten für die verschiedenen Versorgungsstufen. Schwerer verletzte Patienten wurden mit einem durchschnittlichen ISS von 32,44 bzw. NISS von 39,34 in ein ÜTZ gebracht. Das RTZ erhielt von beiden Transportmitteln Patienten mit einem geringeren mittleren ISS von 28,11 (bzw. NISS von 34,54). Das LTZ erhielt im Schnitt die am Wenigsten schwer verletzten Patienten mit einem Mittelwert des ISS von 23,91 (bzw. 30,77 NISS). Es konnte hier also eine signifikante Abstufung zwischen den TraumaZentren beobachtet werden ($p < 0,001$).

Eine solche Beobachtung zeigte sich auch in anderen Studien.⁷⁶

Somit lässt sich im Überblick offenbar eine Selektierung der Patienten anhand ihrer Verletzungsschwere erkennen, die sich in der Wahl der Zielklinik auswirkt. Um zu untersuchen, ob dieser Unterschied durch beide oder nur ein Transportmittel bedingt ist, wurde dies in der vorliegenden Arbeit für jedes Transportmittel gesondert betrachtet.

Dabei wurden für beide Scores, NISS und ISS, signifikante Unterschiede im Vergleich der Phasen für das RTZ beobachtet. Vor TNO erhielt das RTZ signifikant schwerer verletzte Patienten von beiden Transportmitteln als nach TNO. Der RTH brachte nach TNO um 5,93 Punkte nach ISS (NISS 7,22 Punkte) weniger schwer verletzte Patienten zu regionalen TraumaZentren ($p = 0,003$). Eine ähnliche, ebenfalls signifikante ($p < 0,001$) Entwicklung konnte auch für den Boden-NA beobachtet werden. Er brachte nach TNO Patienten mit einem um 2,92 Punkte geringeren ISS (NISS 3,91 Punkte) bei einem mittleren ISS von 26,01 (NISS 32,09) in ein RTZ.

Dieser Trend zeigte sich auch für die lokalen TraumaZentren in Bezug auf den Boden-NA, allerdings deutlich geringer ausgeprägt. Eine signifikante Änderung ($p < 0,001$) konnte nur in Bezug auf den NISS beobachtet werden, der um 4,63 Punkte niedriger war als vor TNO. Auch der Median fiel hier um 5 Punkte ab auf 25,00. Da der Luft-NA nur einen einzigen Patienten in ein LTZ brachte, kann dieser hier nicht betrachtet werden.

Für die regionalen und lokalen TraumaZentren kann also in Bezug auf den ISS und den NISS eine deutliche, signifikante Änderung des von beiden Transportmitteln zugewiesenen Patientengutes nach Etablierung des TNO beobachtet werden. LTZ und RTZ erhielten weniger schwer verletzte Patienten, während sich für das ÜTZ keine signifikanten Änderungen des Patientengutes zeigten.

Dies könnte zum einen daran liegen, dass in Bezug auf das Patientengut insgesamt die Verletzungsschwere im Vergleich der beiden Zeiträume abgenommen hat. Dennoch fällt auf, dass die Verletzungsschwere sich nicht ubiquitär für alle Versorgungsstufen gleich reduziert hat und legt somit die Vermutung nahe, dass hier eine bewusste Selektierung und Änderung der Zuweisungstaktik durch beide Notärzte nach TNO stattgefunden hat. Im Weißbuch der Schwerverletztenversorgung wurden im Jahr 2006 Entscheidungskriterien für die Notärzte festgelegt, welcher Patient in ein RTZ oder ÜTZ gebracht werden muss.⁷⁷ Auch die LTZ sind darin eingebunden, falls lebenserhaltende Maßnahmen unverzüglich durchgeführt werden müssen und/oder die erwartete Transportzeit über 30 Minuten zu einer Klinik höherer Versorgungsstufe liegt. Eine wesentliche Forderung des Weißbuchs der Schwerverletztenversorgung könnte somit vermehrt umgesetzt worden sein.⁷⁷

Noch deutlicher wird dieser Effekt des TNO sichtbar, wenn der ISS und NISS in 4 Gruppen unterteilt wird (16-24, 25-34, 35-49, 50-75) und jede Gruppe in Bezug auf Wahl der Zielklinik nach Transportmittel betrachtet wird.

Dabei zeigte sich für die erste Gruppe (ISS bzw. NISS 16-24) signifikant ($p < 0,001$ bzw. $p = 0,009$) weniger Einlieferungen von beiden Notärzten in die überregionalen und lokalen TraumaZentren. Der Hauptanteil der Patienten wurde vom Boden-NA nach TNO zu knapp zwei Dritteln (74,4% nach ISS und 74,2% nach NISS) in ein regionales TraumaZentrum gebracht. Besonders die lokalen TraumaZentren erhielten von dieser Patientengruppe deutlich weniger (15,5% nach ISS und nach 17,4% NISS). Ihr Anteil fiel somit um 9,1% (ISS) bzw. 15,7% (NISS) nach TNO ab. Die ÜTZ erhielten von dieser Patientengruppe die wenigsten Patienten vom Boden-NA mit 10,1% (ISS) bzw. 8,4% (NISS) nach TNO, entsprechend einer Reduktion von 7,3% bzw. 8,4%.

Dieser Shift, weniger Patienten in ein ÜTZ und LTZ zu bringen, hin zu den RTZ, zeigt sich besonders ausgeprägt für diese Gruppe für den RTH. Vor TNO brachte er deutlich mehr als die Hälfte dieser Patienten in ein ÜTZ (61,5% nach ISS und 55,6% nach NISS). Den Rest dieser Patienten flog er in ein RTZ (die LTZ wurden vom RTH wie bereits erwähnt, nicht angefliegen). Hier hat sich nach TNO Etablierung die Zuweisungsstrategie des RTH komplett umgekehrt. Nach TNO wurde zu 61,3% (nach ISS) und zu 69,8% (nach NISS) ein RTZ durch den Luft-NA als Ziel gewählt. Das ÜTZ erhielt nur noch in 37,3% (nach ISS) bzw. 27,9% (nach NISS) der Fälle Patienten vom RTH. Diese Änderung war mit $p = 0,005$ bzw. $p = 0,016$ signifikant.

Dieser Effekt zeigt, in Bezug auf den Boden-NA, die gewünschte Änderung in der Patientenzuweisung nach TNO und darüber hinaus, für den RTH, auch eine Entlastung der ÜTZ mit Patienten, die zwar schwer verletzt sind, sich aber von der Verletzungsschwere nach ISS und NISS eher am unteren Rand der Scala befinden und somit auch adäquat von einem RTZ versorgt werden könnten. Somit wird die in Ostbayern knappe Ressource ÜTZ für die Patienten "aufgespart", die dort auch wirklich behandelt werden müssen. In Bezug auf den Anteil der Patienten des LTZ konnte eine deutliche Reduktion der Zuweisungen beobachtet werden. Dennoch wurden immer noch ungefähr 15% der Patienten dieser Gruppe dort behandelt. Dabei könnte man mutmaßen, dass es sich hierbei zum Teil um präklinische Fehleinschätzungen im Sinne einer Unterschätzung der Verletzungsschwere handelte. Außerdem zeigte sich, dass selbst in den sehr hohen ISS- bzw. NISS-Gruppen kaum Patienten im LTZ erststabilisiert werden mussten.

Die im oberen Absatz beschriebene Veränderung zeigte sich auch signifikant in der Gruppe der Patienten mit einem ISS bzw. NISS von 25-34. Der Shift der Patienten des Boden-NA hin zum RTZ kam vor allem durch eine deutliche Reduktion des Anteils der LTZ zustande. Das RTZ erhielt nach TNO auch in dieser Gruppe etwas mehr als ein Drittel der Patienten des Boden-NA ($p=0,006$ für den ISS). Dabei wurde das LTZ aber um 12,2% nach TNO weniger angefahren, was einer Halbierung des Versorgungsanteils im Vergleich zu vor TNO darstellt (23,4% zu 11,2% nach ISS). Das ÜTZ wurde nach TNO im Vergleich zur Patientengruppe ISS bzw. NISS 16-24 zwar immer noch weniger vom Boden-NA angefahren, aber nur geringfügig (-4,3% nach ISS) Diese signifikanten Veränderungen zeigten sich in ähnlicher Weise auch für den NISS, hier allerdings mit einem $p<0,001$.

Besonders deutliche Änderungen ergaben sich für diese Gruppe in Bezug auf den RTH. Diese Änderungen traten besonders auffällig für den NISS in Erscheinung. Patienten wurden vor TNO zu 61,5% vom RTH in ein ÜTZ geflogen. Nach TNO kehrte sich dieses Verhältnis ebenso um wie in der Gruppe der Patienten mit einem ISS bzw. NISS von 16-24, sodass nach TNO 69,0% der Patienten dieser Gruppe in ein RTZ geflogen wurden ($p<0,001$, +30,5%). Dennoch zeigt sich, dass hier im Vergleich zu der leichter verletzten Patientengruppe vom RTH etwas mehr Patienten wieder in ein ÜTZ geflogen wurden (+3,1%). Diese Beobachtungen traten in ähnlicher Weise auch für den ISS auf mit einer Signifikanz von $p=0,003$.

Auch in dieser Gruppe wurde durch die Notärzte offenbar gezielter selektiert als vor TNO mit dem Resultat einer Entlastung der ÜTZ zugunsten der RTZ und einem deutlichen Rückgang der Zuweisungen in die LTZ. Patienten sollten ja, laut Weißbuch der Schwerverletztenversorgung, in ein RTZ oder ÜTZ gebracht werden, einzig eine Transportzeit über 30 Minuten dorthin oder wenn lebensrettende Sofortmaßnahmen ergriffen werden müssen rechtfertigen einen Transport in ein LTZ.

In der Gruppe der Patienten mit schwereren Verletzungen mit einem ISS bzw. NISS von 35-49 zeigte sich im Vergleich mit den bereits beschriebenen Gruppen in Bezug auf den Boden-NA zum ersten Mal ein Shift hin zum ÜTZ nach TNO (+7,3% nach ISS). Das RTZ hatte vor wie nach TNO einen Anteil von ungefähr 70% an dieser Patientengruppe. Die LTZ wurden nach TNO kaum noch angefahren (2,2% nach ISS), sodass sich der höhere Anteil der Patienten im ÜTZ auf dem geringeren Anteil im LTZ erklären ließe.

Diese Veränderung war aber mit $p=0,231$ nicht signifikant.

Der NISS zeichnet hier ein anderes Bild: Der Anteil der Patienten des ÜTZ änderte sich nach TNO kaum (16,7% zu 16,5%). Das RTZ erhielt nach TNO um 14,9% mehr Patienten (auf 74,2%) und das LTZ entsprechend weniger (9,3%). Diese Beobachtung war mit $p=0,016$ signifikant. Dieser Unterschied zwischen beiden Scores ist durch deren Errechnung bedingt, wie in Kapitel 2.3.2 beschrieben, wobei der NISS zwar weniger populär aber präziser ist. Demnach zeigt sich aber ein erwünschter Effekt des TNO in dieser schwer verletzten Patientengruppe: Weg von den LTZ hin zu den RTZ und ÜTZ.

Auch der RTH bringt zwar noch einen guten Teil der Patienten dieser Gruppe vermehrt in ein RTZ als vor TNO (+14,8% nach ISS und +24,6% nach NISS), aber im Vergleich zu den anderen Gruppen mit geringeren ISS und NISS Werten, fliegt er nun schon deutlich häufiger ein ÜTZ an (39,4% zu 31,0% bei NISS 25-34 und 27,9% bei NISS 16-24). Diese Veränderungen waren nur in Bezug auf den NISS signifikant, für die Beobachtungen in Bezug auf den ISS gab es für beide Transportmittel keine Signifikanz.

Diese bewusste Selektierung und Änderung in der Zuweisungsstrategie zeigt sich auch in der Gruppe mit den maximal schwer verletzten Patienten mit einem ISS bzw. NISS zwischen 50 und 75. In Bezug auf den ISS und den Boden-NA zeigte sich hier immer noch ein Shift zu den RTZ im Vergleich der Phasen (+25,3%), aber nach TNO wurde kein Patient dieser Gruppe mehr ins LTZ gebracht (zuvor waren es noch 11,4%). Im Vergleich mit den anderen Patientengruppen kann hier eine Zunahme auf 31,8% der Patienten, die ins ÜTZ gebracht wurden, festgestellt werden. Eine Signifikanz gab es für die hier beobachteten Veränderungen nicht.

In Bezug auf den NISS gibt es für diese Gruppe und den Boden-NA ein anderes Bild: Vor TNO wurde ein Drittel dieser Patienten in ein ÜTZ gebracht, nach TNO waren es 50,6%, entsprechend einer Zunahme um 19,8%. Die RTZ erhielten weniger Patienten (49,4%) und die LTZ nur einen Patienten (1,9%). In dem einzelnen Patientenfall in dieser Gruppe, der vom bodengebundenen Notarzt in ein LTZ gebracht wurde, handelte es sich um eine 82-jährige, weibliche Patientin mit Zustand nach Sturz unter 3m, welche intubiert zur Aufnahme kam. Es zeigte sich bei dieser Patientin eine Verletzung des Kopfes mit einem maximalen AIS von 5 und ein Extremitätentrauma mit einem maximalen AIS von 2, der NISS betrug 54. Sie wurde noch am Unfalltag innerhalb des TNO in ein regionales TraumaZentrum gebracht. Diese Patientin könnte einerseits zur Erststabilisierung in ein LTZ gefahren worden sein. Andererseits könnte aber auch die Verletzungsschwere des Kopfes präklinisch nicht erkennbar gewesen sein (alte Patientin mit möglichen Komorbiditäten, schwieriger Anamnese). Der tatsächliche Grund hierfür ist aus der Datenlage nicht ersichtlich.

In Bezug auf den NISS zeigte sich für diese Patientengruppe ein Shift der Patienten des Boden-NA hin zu den ÜTZ zulasten der RTZ und LTZ. Allerdings war dieser Trend mit einem $p=0,088$ nicht signifikant. Dennoch zeigt diese Tendenz, dass die sehr schwer verletzten und kritischsten Patienten vermehrt in die Häuser mit den maximalen Therapiemöglichkeiten gebracht wurden.

Auch in Bezug auf den RTH zeigte sich für das ÜTZ in dieser Patientengruppe erstmalig nach TNO ein Shift vom RTZ hin zum ÜTZ. Vor TNO wurden vom RTH 54,8% in ein ÜTZ und 45,2% der Patienten in ein RTZ geflogen. Nach TNO wurden um 9,9% mehr Patienten in ein ÜTZ geflogen (64,7%). Der NISS zeigte hier ähnliche Ergebnisse, allerdings, wie auch für den ISS, ohne Signifikanz.

Die Beobachtungen dieses Kapitels in Bezug auf die verschiedenen Patientengruppen mit unterschiedlicher Verletzungsschwere nach ISS und NISS zeigen eine ganz bewusste Auswahl der Patienten durch die Notärzte. Die ÜTZ wurden insgesamt nach TNO weniger oft von beiden als Ziel gewählt - jedoch im Vergleich der Patientengruppen mit steigender Verletzungsschwere immer häufiger. Vor allem der RTH zeigte diesen Shift ganz deutlich. Die ÜTZ hatten in der Gruppe der Schwerstverletzten den höchsten Versorgungsanteil und erhielten auch vom Boden-NA mehr als die Hälfte seiner Patienten. Für die weniger schwer verletzten Patientengruppen konnte durch beide Notärzte eine Entlastung der ÜTZ zugunsten der RTZ beobachtet werden. In allen Patientengruppen zeigte sich nach TNO ein deutlich geringerer Anteil an Patienten, die in ein LTZ gebracht wurden.

Diese Änderungen lassen sich auch hier wieder mit den Forderungen des Weißbuchs der Schwerverletztenversorgung verbinden: "Bei lebensbedrohlichen Zuständen oder einer zu erwartenden Transportzeit von mehr als 30 Minuten zwischen Unfallort und regionalem/überregionalem TraumaZentrum soll die nächstgelegene Versorgungseinheit des regionalen TraumaNetzwerkes angefahren werden. Dies kann und muss auch eine

Einrichtung der Basisversorgung zur Behandlung von Schwerverletzten sein."⁷⁷ Patienten sollten also vorrangig in ein RTZ oder ÜTZ gebracht werden und wurden es auch, wie oben beschrieben. Sollte dies aufgrund der Transportzeit oder des Zustandes des Patienten nicht möglich sein, dann muss gemäß des Weißbuches auch ein lokales TraumaZentrum angefahren werden. Im Umkehrschluss bedeutet dies, einen Patienten nur in ein LTZ zu bringen, wenn es sein Zustand und/oder der Transportweg nicht anders erlaubt. Auch diese Forderung konnte in der vorliegenden Arbeit nachvollzogen werden und zeigte sich in den sehr deutlich reduzierten Versorgungsanteilen der LTZ.

Warum allerdings auch der RTH in Bezug auf die mittleren Patientengruppen (ISS/NISS 25-34 und 35-49) häufiger in ein RTZ flog, ist aus der Datenlage nicht klar ersichtlich. Möglicherweise könnte auch der RTH unter der Prämisse den Patienten schnellstmöglich in ein geeignetes (und somit auch regionales) TraumaZentrum zu bringen hier Transportzeit eingespart haben wollen und das kürzere Flugziel ausgewählt haben.⁷⁸ Eventuell hat sich bei diesen Patienten auch erst nach Aufnahme in der Klinik gezeigt, dass sie schwerer verletzt waren als präklinisch angenommen (z.B. asymptomatische intracerebrale Blutung).⁵⁵ Wahrscheinlicher ist es aber aufgrund der deutlichen Datenlage mit stark erhöhten Zuweisungsraten in die RTZ, dass der RTH ganz bewusst häufiger in ein RTZ flog, möglicherweise um die ÜTZ zu entlasten. Eine definitive Aussage hierzu würde aber tiefergehende, weitere Studien erfordern.

4.2.5 Überblick über die Verletzungsmuster anhand der Abbreviated Injury Scale (AIS)

In den meisten der erhobenen Patientenfälle zeigten sich mit 70,4% der Fälle Thoraxverletzungen am häufigsten, gefolgt von SHT mit 67,8%, Extremitätentraumata mit 63,7% und Abdominalverletzungen mit 40,9% der Fälle. Seltener verletzt waren die Weichteile (34,4%) und Gesicht/Hals (24,6%). In Bezug auf die AIS waren der Thorax und der Kopf nicht nur die am Häufigsten, sondern auch die am Schwersten verletzten Körperregionen mit einem AIS im Schnitt von 2,43 (Thorax) und 2,42 (Kopf). Andere Studien zeigten hier ähnliche Ergebnisse in Bezug auf Schwere und Häufigkeit der einzelnen AIS Regionen, wobei in den neueren Studien das SHT etwas häufiger als die Thoraxtraumata waren.^{48,56,79}

Insgesamt zeigten sich im Vergleich der Phasen von den AIS-Mittelwerten her betrachtet, einzig Unterschiede in den Regionen Thorax (-0,37 Punkte nach TNO) und Abdomen (-0,37 Punkte nach TNO).

Bei der genauen Betrachtung der Verteilung der einzelnen AIS-Werte in den Körperregionen zeigten sich in allen Bereichen, außer in Thorax, Abdomen und Gesicht, keine großen nominalen, geschweige denn signifikanten, Unterschiede. In den genannten Bereichen kam es aber zu einer signifikanten Verschiebung hin zu weniger Verletzungen in diesen Regionen gesamt (Thorax -10,6%, Abdomen -8,6, Gesicht -7,7%) und zu einer Verschiebung zu weniger schweren Verletzungen. Eine Abnahme der schweren Thorax- und Kopftraumata konnte auch im TraumaRegister im Vergleich der Jahresberichte beobachtet werden.^{48,57}

Diese Beobachtung könnte, wie bereits in Kapitel 4.1.2 vermutet, durch mehr Sicherheit in den Rückhalte- und Airbagsystemen der Automobilindustrie zu erklären sein.⁵⁸ Ebenfalls denkbar wäre, dass leichtere Verletzungen wie Kopfplatzwunden,

Abschürfungen und Kontusionen, die zuvor von den Doktoranden alle codiert wurden, durch die Kliniken selbst ab 2008 nicht in der Datenbank dokumentiert wurden.

4.2.5.1 Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Bezug auf das Verletzungsmuster nach AIS und das Transportmittel

4.2.5.1.1 Führende Traumata nach AIS-Verletzungsregionen

Anhand des AIS-Codes wurden Patientengruppen mit führenden Traumata für eine Region ≥ 4 und gleichzeitig für alle anderen Regionen AIS ≤ 2 gebildet. Grund hierfür war, dass explizit geprüft werden sollte, ob es bei bestimmten "klassischen Diagnosen" Unterschiede in der Patientenverteilung auf die Level gab. Dabei zeigten sich signifikante Veränderungen für die Gruppe der Patienten mit schwerem SHT und Thoraxtrauma.

Patienten mit einem schweren Schädel-Hirn-Trauma (AIS_{SHT} ≥ 4) und einer gleichzeitig nur geringfügig verletzten anderen Region (AIS_{andere} ≤ 2) wurden zum Großteil bodengebunden transportiert (74,4%). Der Anteil der Luftrettung, ein Viertel dieser Patienten, war somit relativ klein und signifikant geringer als vor TNO. Im Zuweisungsverhalten zeigte sich für den Luft-NA keine wesentliche Änderung nach Etablierung des TNO, er brachte etwas mehr als die Hälfte seiner Patienten in ein überregionales TraumaZentrum. Die andere Hälfte der Patienten wurde von ihm in ein RTZ geflogen. Dies könnte für das TNO möglicherweise daran liegen, dass neben Regensburg noch 2 weitere Hubschrauber in Weiden und in Straubing im Gebiet des TNO aktiv sind. Diese beiden Hubschrauber könnten die Patienten vermehrt in ihr RTZ am Standort in Weiden/Amberg oder Straubing/Deggendorf gebracht haben, weswegen die hier beobachteten Anteile des RTH so verschieden zu denen anderer Studien sein könnten.⁷⁵

Warum der Anteil der Luftrettung für dieses Patientenkollektiv so gering war und sich nach TNO weiter reduzierte, geht aus den vorliegenden Daten nicht hervor. Die Einsatzhäufigkeit des RTH hatte, wie bereits in Kapitel 4.2.1 erwähnt, insgesamt auf 28,6% abgenommen. Denkbar wären aber auch Schlechtwetterlagen, bei denen der RTH nicht fliegen konnte.^{78,80}

Der Boden-NA hingegen zeigte für die Patientengruppe mit schwerem SHT signifikante Änderungen in seiner Zuweisung. Er brachte seine Patienten nach TNO zu 72,6% in ein RTZ (zuvor waren es nur 40,5%) und um die Hälfte seltener in ein LTZ.

Auch für Patienten mit Thoraxtrauma als führende Verletzung (AIS_{Thorax} ≥ 4 , AIS_{andere} ≤ 2) konnte eine signifikante Änderung der Patientenverteilung auf die Kliniken beobachtet werden. Beide Notärzte brachten ihre Patienten deutlich häufiger in ein RTZ, wobei 73,3% bodengebunden zugebracht wurden. In der Wahl des Transportmittels gab es also nach TNO keine Änderung.

Die ÜTZ und LTZ wurden mit nur noch 9,7% (ÜTZ) und 12,9% (LTZ) deutlich weniger vom Boden-NA angefahren als vor TNO (-8,9% für das ÜTZ und -11,0% für das LTZ). Entsprechend nahm der Anteil des RTZ nach TNO um 29,9% zu auf 77,4%. Diese Veränderung in der Patientenzuweisung war mit $p=0,003$ signifikant.

Der RTH flog diese Patienten nach TNO fast nur noch in ein RTZ (89,5%). Vor TNO wurde nur jeder 2. mit schwerem Thoraxtrauma in ein RTZ geflogen. Diese Veränderung in der Zuweisungstaktik des Luft-NA war mit $p=0,016$ signifikant, allerdings bei geringer Fallzahl. Innerhalb dieser Patientengruppe wurde vor wie nach TNO das LTZ nicht vom RTH angefliegen.

Eine mögliche Erklärung hierfür könnte, wie bereits im obigen Abschnitt erwähnt, an den Hubschrauberstandorten in Ostbayern liegen, von denen 2 mit einem RTZ verbunden sind. Andererseits, könnte der Luft-NA ganz bewusst ein näher gelegenes Ziel ausgewählt haben, da schwere Thoraxverletzungen mit Gefahr des hämorrhagischen Schocks und Hämato-pneumothorax vor allem zeitkritisch sind.

Für Patienten mit schwerem Abdominaltrauma und Extremitätentrauma ($AIS_{\text{Abdomen}} \geq 4$, $AIS_{\text{andere}} \leq 2$ bzw. $AIS_{\text{Extremität}} \geq 4$, $AIS_{\text{andere}} \leq 2$) konnte keine signifikante Änderung im Zuweisungsverhalten beider Notärzte beobachtet werden. Die Fallzahl war in diesen Gruppen allerdings auch sehr gering ($n=24$ bzw. 34) was eine Analyse und Interpretation zusätzlich erschwerte. Tendenziell zeigte sich aber auch hier eine Zunahme des Versorgungsanteils des RTZ.

Besonders für die Patientengruppen mit schwerem SHT und Thoraxtrauma, die oftmals sehr zeitkritisch und instabil werden können, zeigte sich nach TNO eine klare Zuweisungsstrategie, die der bereits in Kapitel 4.2.4 erwähnten, entspricht. Klare Zuweisungskriterien für mindestens ein regionales TraumaZentrum wurden im Weißbuch der Schwerverletztenversorgung auch für diese Patienten definiert.⁷⁷ Somit soll jeder Patient beispielsweise mit einem $GCS \leq 14$, bei Vorliegen eines schweren Schädel-Hirn-Traumas oder instabilem Thorax oder Sauerstoffsättigung unter 90% innerhalb von 30 Minuten in ein regionales oder überregionales TZ gebracht werden. Nur wenn dies nicht möglich ist, sollte ein LTZ als Ziel gewählt werden.^{77, 80}

Besonders erfreulich ist der signifikante Effekt des TNO für die beiden Patientengruppen mit SHT und Thoraxtrauma, sind diese doch die am häufigsten und am schwersten verletzten (siehe Kapitel 4.2.5).

Warum allerdings der RTH Patienten häufiger in ein RTZ flog, ist auch hier aus der Datenlage nicht ersichtlich. Man könnte, wie bereits erwähnt, im Hinblick auf die RTH Standorte vermuten, dass der RTH auch gerne seine "Heimatstation" wieder anfliegt, was im Falle des RTH Straubing und Weiden ein regionales TraumaZentrum zur Zeit der Datenerhebung war. Für diese Mutmaßung gibt es jedoch keinen Beleg.

4.2.5.1.2 Verteilung von schwerstverletzten Patienten mit einem $AIS \geq 4$ in mindestens 2 Regionen auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit des Transportmittels

In diese Analyse wurden schwerstverletzte Patienten mit einem $AIS \geq 4$ in mindestens 2 Körperregionen einbezogen. Für den RTH zeigte sich in dieser Patientengruppe ein Anteil von 42 % insgesamt. Somit wurden Patienten dieser Gruppe deutlich häufiger von einem RTH transportiert. Dieser flog vor wie nach TNO in der Hälfte der Fälle in ein ÜTZ oder RTZ. Hierbei zeigten sich aber keine signifikanten Änderungen nach TNO.

Der Boden-NA fuhr mit Patienten dieser Verletzungsschwere häufiger in ein RTZ und fast nicht mehr in ein LTZ (-10,0%). Für diese Beobachtung wird jedoch die Signifikanz mit $p=0,064$ knapp verfehlt.

Auch in dieser Gruppe mit sehr schwer verletzten Patienten kann ein Shift in die RTZ beobachtet werden. Bemerkenswert ist, dass kaum noch Patienten des Boden-NA in ein LTZ kamen. Im Gegensatz zu den anderen Patientengruppen mit den führenden Verletzungsregionen Kopf, Thorax, Abdomen und Extremitäten zeigt sich hier kein Shift zum RTZ des Luft-NA. Dieser flog diese schwerstverletzten Patienten zu 50% in ein ÜTZ. Dies könnte zeigen, dass diese kritisch kranken Patienten von den Notärzten erkannt wurden und entsprechend die Quote an Zuweisungen in ein ÜTZ hoch blieb. Dass beim

Boden-NA die Quote von Zuweisungen in ein ÜTZ geringer wurde, könnte entweder darauf hinweisen, dass der Boden-NA zügig in das nächste Krankenhaus wollte oder meinte, dass selbst dieser schwer verletzte Patient im nächsten RTZ gut aufgehoben war.

4.2.6 Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit der präklinischen Glasgow Coma Scale (GCS) und das Transportmittel

In Bezug auf Patienten mit Kopftrauma anhand des präklinischen GCS kann eine signifikante Änderung der Patientenzuweisung nach TNO beobachtet werden. Die Patienten wurden anhand des GCS in 3 Gruppen eingeteilt, kein bis leichtes (15-13), mittelschweres (12-9) und schweres (8-3) Schädel-Hirn-Trauma (=SHT).

Schwere SHT lagen in 31,7 % der Fälle vor.

Der größte Anteil der Versorgung fand auch hier in einem regionalen TraumaZentrum statt und nahm nach TNO noch weiter zu. Der Boden-NA brachte nach TNO knapp zwei Drittel seiner Patienten mit leichtem SHT in ein RTZ, zuvor waren es 20% weniger. Aus dieser Gruppe brachte auch der RTH 20% mehr Patienten in ein RTZ. Das LTZ erhielt kaum Patienten vom RTH und auch deutlich weniger (um die Hälfte reduziert) Patienten vom Boden-NA. Diese signifikante Entwicklung nach TNO zeigt sich auch in der Gruppe der schweren und mittelschweren SHT. Beide Notärzte brachten auch Patienten dieser Gruppen häufiger in ein RTZ, wobei diese Änderung nur in Bezug auf schwere SHT und den Boden-NA signifikant ist. Das LTZ erhielt in allen Gruppen nach TNO einen deutlich kleineren Patientenanteil von beiden Notärzten (bzw. vom RTH teilweise keinen).

Obwohl Patienten mit einem schweren SHT nach TNO deutlich seltener in ein ÜTZ transportiert wurden, hat sich am prozentualen Verhältnis der SHT-Grade innerhalb des ÜTZ keine gravierende Veränderung ergeben.

Vor wie nach TNO machten Patienten mit einem schweren SHT etwa 47% aller Patienten des ÜTZ aus.

Auch hier kann festgestellt werden, dass in Bezug auf diesen Punkt, Forderungen des Weißbuchs der Schwerverletztenversorgung vermehrt umgesetzt wurden.⁷⁷ Besonders Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma und einer initialen GCS unter 9 profitieren von einer schnellen Einweisung in ein geeignetes Krankenhaus mit neurochirurgischer Interventionsmöglichkeit. Dies muss nicht zwangsläufig ein ÜTZ sein, denn auch die regionalen TraumaZentren sind zur Vorhaltung eines erweiterten Schockraumteams mit einem Facharzt der Neurochirurgie oder eines in der Neurotraumatologie erfahrenen Unfallchirurgen verpflichtet.⁷⁷ Gerade für den Boden-NA stellten diese Forderungen des Weißbuchs der Schwerverletztenversorgung offenbar eine neue Möglichkeit der Versorgung auf: er konnte Transportzeit und somit wertvolle präklinische Zeit einsparen, indem er die nächstgelegene Einrichtung (dies ist in Ostbayern häufig das RTZ) anfuhr und sich klar gegen eine Versorgung im nächstgelegenen LTZ gemäß den Empfehlungen entscheiden konnte.

4.2.7 Verteilung der Patienten mit präklinischem Schock auf die Versorgungsstufen in Abhängigkeit des Transportmittels

Es zeigte sich im Vergleich der Phasen eine signifikante Reduktion an Patienten mit Schock ($RR_{sys} \leq 90 \text{ mmHg}$). Vor TNO waren es 24,5% aller Patienten, nach TNO nur 16,6% ($p=0,001$). Mit einem Gesamtanteil von 20,9% der Datenbank, hatten Patienten dieser

Arbeit häufiger einen Schock im präklinischen Setting. Andere, vergleichbare Studien, hatten zu 15-18% Patienten mit Schock.^{48,88,75,76}

Für die Gruppe der Patienten mit präklinischem Schock konnte keine signifikante Änderung nach TNO Etablierung festgestellt werden. Dennoch zeigte sich für den Boden-NA der bereits in den vorigen Kapiteln beschriebene Trend mehr Patienten, auch mit Schock, in ein RTZ zu bringen. Das LTZ und ÜTZ erhielten nach TNO weniger Patienten mit Schock vom Boden-NA.

Dem gegenüber steht, dass der RTH nach TNO mehr Patienten mit Schock in ein überregionales TraumaZentrum flog (65,5%% insgesamt) und damit weniger in ein RTZ (34,5% insgesamt). Dies entspricht einer Änderung um +10,4% nach TNO. Für diese Beobachtung gab es allerdings mit $p=0,333$ keine Signifikanz.

Im Weißbuch der Schwerverletztenversorgung wurde für Patienten mit einem Blutdruck systolisch unter 90mmHg die Forderung gestellt, diese, wenn möglich, innerhalb von 30 Minuten in ein regionales oder überregionales TraumaZentrum zu bringen. Es scheint, dass diese Anweisungen auch hier vermehrt in die Tat umgesetzt wurden, auch wenn sich keine Signifikanz für diese Patientengruppe feststellen ließ.

4.2.8 Outcome

4.2.8.1 *Verteilung der Patienten auf die Versorgungsstufen in Bezug auf RISC, Letalität und vorhergesagte Letalität (=RISC_{mort}) in Abhängigkeit des Transportmittels*

Insgesamt zeigte sich mit 78,08% die Überlebenswahrscheinlichkeit nach RISC für alle Patienten sehr gut. Lediglich 18,3% der Patienten hatten eine Überlebenswahrscheinlichkeit unter 50%. Im Vergleich der Phasen gab es keine nominell nennenswerte oder signifikante Änderung; auch nicht beim Vergleich der einzelnen Transportmittel.

Die Letalität lag für die Gesamtpopulation im Schnitt bei 18,0% und änderte sich im Vergleich der Phasen nicht. Dabei muss angemerkt werden, dass hier nur Patienten erfasst wurden, die das Krankenhaus lebend erreichten, über die Letalität bei Schwerverletzung insgesamt oder der Patienten, die auf dem Weg ins Krankenhaus verstarben, kann in dieser Arbeit keine Aussage getroffen werden.

In Bezug auf die TraumaZentren und das Transportmittel zeigten sich nach TNO Etablierung keine signifikanten Änderungen des RISC. Die ÜTZ erhielten von beiden Notärzten die Patienten mit der niedrigsten Überlebenswahrscheinlichkeit, 71,49%. Die RTZ erhielten tendenziell Patienten mit höherem RISC vom Boden-NA (82,07%) und auch vom RTH (73,13%). Die LTZ erhielten vom Boden-NA die Patienten mit der besten Prognose, 87,20%. Insgesamt unterschieden sich aber die Transportmittel in ihrem Patientengut in Bezug auf die Überlebenswahrscheinlichkeit. Der RTH hatte nach dem RISC-Score ein Patientengut, dessen Überlebenswahrscheinlichkeit um 8,77% geringer war als das des Boden-NA ($p<0,001$).

Die vorhergesagte Letalität anhand des RISC (=RISC_{mort}) war für beide Transportmittel im Schnitt um 4,0% höher als die tatsächlich beobachtete aller Patienten für die ein RISC zu berechnen war (1148 Fälle). Die standardized mortality ratio (=SMR) war für beide Transportmittel unter 1,0. Für den Boden-NA lag sie vor TNO bei 0,839 und bei 0,778 nach TNO. Hier, wie auch aus der SMR von 0,858 vor TNO und 0,831 nach TNO für den Luft-NA könnte ein Überlebensvorteil nach TNO abgeleitet werden, jedoch zeigte sich hierfür keine Signifikanz. Ebenso war der Unterschied von 0,831 (RTH) zu 0,778 (Boden-NA) nach TNO mit $p=0,585$ nicht signifikant.

Vergleicht man die Versorgungsstufen untereinander in Bezug auf den RISC_{mort} und die tatsächliche Letalität, so zeigte sich kein nennenswerter Unterschied. Die SMR lag nach TNO für die ÜTZ bei 0,855, für die RTZ bei 0,872 und für die LTZ 0,887. Die SMR änderte sich im Vergleich der Phasen für die LTZ und ÜTZ nicht in nennenswerter Form. Für die RTZ könnte im Vergleich der Phasen eine geringe Zunahme um 0,059 der SMR einen Überlebensnachteil suggerieren, jedoch gibt es hierfür, wie auch für Änderungen der SMR der anderen TZ keine Signifikanz ($p=0,639$ RTZ).

Insgesamt zeigte sich also nach TNO Etablierung keine wesentliche Änderung in der Überlebenswahrscheinlichkeit nach RISC und der Letalität. Setzt man beide ins Verhältnis, so zeigt sich über die SMR eine Tendenz zu einer besseren Prognose der Patienten beider Transportmittel nach TNO. Diese Tendenz zeigte sich aber als nicht signifikant. In der Studie von Schweigkofler et. al "Bedeutung der Luftrettung für die Schwerverletztenversorgung" zeigten sich sehr ähnliche standardized mortality ratios, mit einem leicht besseren, aber ebenfalls nicht signifikanten Überlebensvorteil der Patienten des RTH.⁷⁵

Sichtbar wird anhand des RISC auch eine Vorselektion der Patienten durch die Notärzte - die Patienten mit den geringeren Überlebenschancen wurden zu einem TraumaZentrum der höchsten Versorgungsstufe gebracht. Allerdings bestand diese Art der Selektierung bereits vor Etablierung des TNO und hat sich auch danach nicht geändert. Besonders bemerkenswert und hervorzuheben ist, dass für alle TraumaZentren die SMR ungefähr gleich war. Dies zeigt, zumindest in Bezug auf das Überleben, keine relevanten Nachteile einer Behandlung in einem Nicht-ÜTZ, was den Netzwerkgedanken weiter bestärken und die These stützen könnte, dass durch Etablierung eines Traumanetzwerkes der "richtige" Patient zur "richtigen" Klinik kam.

In der Literatur finden sich zu diesem Aspekt sehr viele Studien, teils mit widersprüchlichen Ergebnissen in Bezug auf die Letalität von Traumapatienten. Mehrere Studien zeigen aber dass nach Etablierung eines Traumanetzwerkes die Letalität insgesamt zurückging.^{81,82,83,84,85,86,94} Die einen, so beispielsweise Smith et al., kamen zu dem Ergebnis, dass eine geringere Letalität bestehe, wenn eine Klinik mehr als 200 schwer verletzte Patienten pro Jahr behandle.⁸⁷

Zacher et. al. untersuchte diese Thematik für Deutschland anhand von Daten aus dem TraumaRegister und konnte eine signifikante Verbesserung der Letalitätsrate für die verschiedenen TraumaZentren bei einer Traumapatientenzahl ($ISS \geq 16$) von mindestens 40 nachweisen. Für deutsche TraumaZentren scheint sich also, laut Zacher et. al, eine Traumapatientenzahl von mindestens 40 pro Jahr als günstig auf das Outcome auszuwirken.⁸⁸

Andere, zum Beispiel Cooper et al. konnten in ihrer Studie "An Examination of the Volume-Mortality Relationship for New York State Trauma Centers" keinen Zusammenhang zwischen der Graduierung eines Traumazentrums (Level 1 bzw. ÜTZ) und der Letalität feststellen.⁸⁹ Dabei wurde in dieser Studie untersucht, ob Kliniken mit einem höheren Traumapatientenumsatz bessere Mortalitätsraten haben als andere (mit weniger hohen Fallzahlen). Ein verbessertes Outcome wurde von Cooper et. al. nicht nachgewiesen. Hierbei muss aber erwähnt werden, dass im amerikanischen Traumasystem ein Level 1, ungefähr entsprechend einem ÜTZ hierzulande, eine definierte Anzahl an Traumapatienten pro Jahr vorweisen muss (1200 Traumapatienten und davon

mindestens 240 mit einem ISS ≥ 16).⁹⁰ Auch wird in dieser Studie nur zwischen Level 1 und Nicht-Level 1 Kliniken unterschieden - welcher Art die Nicht-Level 1 Kliniken waren, wird hier nicht erwähnt und kann somit den deutschen RTZ oder LTZ nicht gleichgesetzt werden.

Der Effekt der Patientenzahl pro Jahr auf die Letalität in Bezug auf schwerverletzte Patienten ist gemäß der aktuellen Studienlage noch nicht ganz geklärt und somit können auch keine Empfehlungen diesbezüglich gegeben werden.^{77,91,92,93,89}

4.2.8.2 Outcome der Patienten in Bezug auf die Dauer der stationären Behandlung

Im Vergleich der Phasen zeigte sich der signifikante Trend zu kürzerer Krankenhausliegedauer nach TNO (Mittelwert 17,29 Tage nach TNO, -1,78 Tage). Dabei verbrachten Patienten des ÜTZ vor wie nach TNO rund 18 Tage stationär. Die RTZ behandelten im Durchschnitt signifikant kürzer mit 17,12 Tagen nach TNO (Mittelwert - 2,98 Tage, Median -5,5 Tage) als zuvor. Diese Tendenz zeigte sich auch für die LTZ, aber ohne Signifikanz.

Diese Entwicklung zur kürzeren Liegedauer zeigte sich auch in einer signifikant verkürzten Intensivbehandlung nach TNO mit 8,69 Tagen insgesamt (Mittelwert -1,74 Tage nach TNO, Median -1,0 Tage). Dabei lagen Patienten der ÜTZ im Schnitt 9,06 Tage auf der Intensivstation (Median 5,0); um 2,76 Tage weniger als vor TNO ($p=0,003$). Die RTZ behandelten vor wie nach TNO kürzer als die ÜTZ mit im Schnitt 8,60 Tagen, entsprechend einer Abnahme um 1,06 Tagen mit $p=0,052$.

Die LTZ hatten nach TNO um 2,70 Tage länger Patienten auf der Intensivstation, insgesamt 8,07 Tage. Allerdings gab es für diese Beobachtung mit $p=0,978$ keine Signifikanz.

Auffällig ist in Bezug auf die Intensivliegedauer ein Anteil von 10,6% vor TNO und 10,0 % der Patienten nach TNO, die nicht auf einer Intensivstation behandelt wurden. Schließt man die Patienten, die innerhalb von 12 Stunden nach Aufnahme verstarben aus, so waren 95,6% vor und 95,0% der Patienten nach TNO auf einer Intensivstation. Für die übrigen Patienten kann zum einen die Eintragung ins TraumaRegister lückenhaft gewesen sein oder, zum anderen, der Patient tatsächlich nicht auf der Intensivstation aufgenommen worden sein.

Der Unterschied in den Liegedauern zwischen den verschiedenen Traumazentren auf der Intensivstation kann nur vorsichtig interpretiert werden, da sich in den vorigen Kapiteln ja bereits zeigte, dass die Verletzungsschwere und RISC Prognose deutlich unterschiedlich für die verschiedenen Level waren (siehe Kapitel 3.3.3, 0 und 3.3.6).

Andere Studien zeigten aber ähnliche Behandlungen - und Intensivliegedauern bzw. die Tendenz zu kürzerer Behandlungsdauer.^{48,94}

Der Trend zu kürzerer Liegedauer könnte durch die Einführung der DRG Fallpauschalen und den steigenden Kostendruck bedingt sein.^{4,5} Auch muss bedacht werden, dass Patienten nach TNO signifikant weniger schwer verletzt waren als vor TNO (siehe Kapitel 3.2.5), was sich auch mit einer kürzeren Behandlungsdauer in Zusammenhang bringen ließe.

4.2.8.3 Outcome in Bezug auf frühe Weiterverlegung in ein anderes Krankenhaus

Die frühe Weiterverlegung wird in dieser Arbeit als Outcomeparameter verwendet, da sie für das TNO zwei wesentliche Aspekte beinhaltet. Auf der einen Seite wäre eine

niedrigere Weiterverlegungsquote nach TNO ein Indikator dafür, dass der "richtige" Patient in die "richtige" Klinik gebracht wurde gemäß den Empfehlungen des Weißbuchs. Auf der anderen Seite könnte eine höhere Weiterverlegungsquote aber auch bedeuten, dass die Zusammenarbeit und Kommunikation innerhalb des Netzwerkes funktioniert und auch hier Empfehlungen des Weißbuchs umgesetzt wurden.

In dieser Arbeit zeigte sich eine Weiterverlegungsquote von 12,2% der Patienten innerhalb von 48 Stunden nach Erstaufnahme im TraumaNetzwerk.

Tendenziell nahmen nach TNO die Weiterverlegungen leicht zu, von 11,9% auf 12,7%. Andere Studien zum TraumaNetzwerk in Deutschland zeigten hier eine ähnliche Quote an Weiterverlegungen.⁴⁸ Diese Beobachtung war in dieser Arbeit jedoch nicht signifikant, könnte aber durch eine bessere Vorauswahl der Notärzte bedingt sein, nach dem oben genannten Kredo der "richtige" Patient wird in das "richtige" Krankenhaus gebracht.

Gestützt würde diese These durch eine niedrige Quote an Weiterverlegungen aus den RTZ. Nach TNO wurden 14,7% der Patienten des Boden-NA, die in RTZ kamen, weiterverlegt (+3,6%), wogegen nur noch 3,5% der Patienten des RTH aus den RTZ verlegt werden mussten (-2,3%). Die LTZ hatten insgesamt die höchste Weiterverlegungsquote, die sich aber nach TNO nicht signifikant änderte und bei 43,3% lag. Für diese Beobachtungen gab es allerdings mit $p=0,836$ (Boden-NA) und $p=0,377$ (RTH) keine Signifikanz.

Im Vergleich der Transportmittel konnte also beobachtet werden, dass Patienten des RTH weniger oft verlegt wurden als vor TNO. Dabei muss aber bedacht werden, dass hier nur sehr geringe Fallzahlen vorlagen ($n=11$ für die RTZ). Die so niedrige Quote an Weiterverlegungen der Patienten, die mit dem RTH kamen, könnte mit den weiten Transportmöglichkeiten des RTH erklärbar sein, da dieser ja quasi "frei" in der Wahl der Zielklinik ist und innerhalb von 30 Minuten sehr weite Transportwege abdecken kann.

Für die LTZ wäre insgesamt nach TNO eine höhere Quote an frühen Weiterverlegungen zu erwarten. Hier soll ja, laut "Weißbuch der Schwerverletztenversorgung", lediglich dann ein Patient zugewiesen werden, wenn die erwartete Transportzeit über 30 Minuten liegt oder der Patient lebensrettende Sofortmaßnahmen benötigt. Eine Quote von 41,4% an frühen Weiterverlegungen der Patienten des Boden-NA vor TNO zu 48,2% nach TNO zeigt den erwarteten Trend. Dieser Unterschied war aber mit $p=0,414$ nicht signifikant. Eine Quote von 41,4% an frühen Weiterverlegungen des Boden-NA aus den LTZ vor TNO zeugt aber von der schon damals erkannten Notwendigkeit einen schwerverletzten Patienten in ein Krankenhaus der höheren Versorgungsstufe zu verbringen.

5 Zusammenfassung

Die bestmögliche Versorgung polytraumatisierter Patienten ist insbesondere vor dem Hintergrund der hohen Inzidenz schwerer Verletzungen bei typischerweise relativ jungen Patienten mit einer hohen Rate an posttraumatischen Behinderungen und mit konsekutiv großen sozioökonomischen Folgekosten von enormer Bedeutung.

Um die Versorgung dieser Patienten zu verbessern, Kosten zu senken und insbesondere knappe Ressourcen optimal zu nutzen, wurde im Jahr 2006 das Weißbuch der Schwerverletztenversorgung publiziert und 2008 das deutschlandweit erste TraumaNetzwerk in Ostbayern (TNO) zertifiziert. Bis zu diesem Zeitpunkt gab es keine klaren Richtlinien, in welche Klinik ein schwer verletzter Patient einzuliefern sei.

Diese Arbeit untersucht erstmalig den Einfluss der TraumaNetzwerkinitiative auf die initiale Verteilung der Patienten auf die unterschiedlichen Versorgungsstufen bezogen auf den Patiententransport.

Hierzu wurden durch drei Doktorandinnen in allen 25 Kliniken, die Teil des TraumaNetzwerkes Ostbayern waren, Daten von polytraumatisierten Patienten mit einem ISS >15, die im Zeitraum 01.01.2006-31.12.2007 verunglückten, anhand des QM-Erhebungsbogens des TraumaRegisters erhoben. Diese Daten wurden mit denen aus dem Zeitraum nach Einführung des TNO (01.01.2010-31.12.2011) verglichen. Die Daten hierfür lagen bereits im TraumaRegister vor und sind durch die Kliniken selbst eingegeben worden.

Zur Auswertung lagen nach Anwendung der Ein- und Ausschlußkriterien 1446 Datensätze vor. Das Patientenkollektiv war überwiegend männlich mit einem durchschnittlichen Alter von 45 Jahren. Verkehrsunfälle waren die hauptsächliche Traumaursache und es lagen fast ausschließlich stumpfe Traumata vor. Das Transportmittel der Patienten war vor TNO in 62,6% bodengebunden. Dieser Anteil nahm nach TNO aus nicht sicher zu erklärenden Gründen signifikant auf 71,4% zu.

Bei einem durchschnittlichen ISS von 28,9 Punkten und einer Überlebenschance (nach RISC) von 78,08% wurde eine Letalität von 18% beobachtet. Bei in etwa gleich bleibender Letalität und Überlebenschance sank der durchschnittliche ISS-Wert nach Einführung des TNO signifikant um 3,9 Punkte (NISS -3,8 Punkte).

Vor Einführung des TNO wurden durch den bodengebundenen Notarzt 19,5% aller Patienten in ein überregionales TraumaZentrum (ÜTZ), 56,5% in ein regionales TraumaZentrum (RTZ) und 24,0% in ein lokales TraumaZentrum (LTZ) eingeliefert. Nach Einführung des TNO konnte ein deutlicher Shift weg von den ÜTZ und noch stärker von den LTZ hin zu den RTZ beobachtet werden (ÜTZ nun 13,3%; RTZ 74,7%; LTZ 12,0%). Der RTH brachte vor TNO 57,7% seiner Patienten in ÜTZ und 42,3% in RTZ. Nach TNO waren es in den ÜTZ noch 38,5% und in den RTZ 61,0% (LTZ 0,5%).

Trotz eines sehr deutlichen Shifts bei beiden Transportmitteln hin zu den RTZ (jeweils mehr als 18% mehr Patienten) kann dennoch beobachtet werden, dass der RTH im Vergleich zum bodengebundenen Notarzt seine Patienten deutlich häufiger in ein ÜTZ verbringt.

In der genauen Betrachtung der Patientenverteilung nach bestimmten Patientengruppen fiel auf, dass insbesondere Patienten mit schweren SHT's und einem hohen AIS in der Kopf- oder Thoraxregion vermehrt in die RTZ transportiert wurden. Auch Patienten mit hohen AIS-Werten in mehr als zwei Körperregionen wurden durch den bodengebundenen Notarzt vermehrt in ein RTZ transportiert. Luftgebunden zeigte sich keine signifikante Änderung. Hier betrug der Anteil von ÜTZ zu RTZ etwa 50%/50%. Insgesamt waren die Änderungen bei den bodengebundenen Notärzten ausgeprägter als bei den luftgebundenen Notärzten.

Trotz deutlichem Shift hin zu den RTZ bleibt festzustellen, dass mit steigendem (N)ISS-Wert und fallender Überlebenswahrscheinlichkeit nach RISC die Wahrscheinlichkeit für einen Transport zu einem ÜTZ zunahm. Auch Patienten, die sich im Schock befanden und per RTH transportiert wurden, haben nach TNO eine deutlich höhere Wahrscheinlichkeit, in ein ÜTZ verbracht zu werden.

Das Outcome der Patienten, insbesondere die SMR als risikoadjustierte Mortalität, zeigte weder signifikante Vor- noch Nachteile durch die Einführung des TNO. Eine über alle Level hinweg in etwa identische SMR zeigt jedoch, dass ein niedrigeres Level für die dorthin transportierten Patienten keinen Nachteil darstellt. Eine Änderung in der Weiterverlegungsquote der Patienten nach TNO war weder nominell stark ausgeprägt noch signifikant und ist vor allem durch Weiterverlegungen von den lokalen TraumaZentren aus bedingt (48,2% der Patienten des Boden-NA nach TNO wurden innerhalb von 24 Stunden aus einem LTZ verlegt).

Die hier durchgeführte Arbeit zeigt deutliche Veränderungen im Zuweisungsverhalten von Notärzten durch das TNO, vor allem in Hinblick auf eine Verschiebung der Patienten weg von den ÜTZ und LTZ hin zu den RTZ. Spezielle Patientengruppen werden jedoch jetzt vermehrt auch direkt in ein ÜTZ transportiert. Gerade im Hinblick auf die regionalen Besonderheiten - Ostbayern als Flächenstaat mit dünn besiedelten Gebieten und nur 2 ÜTZ in Regensburg - ist eine flächendeckende, ressourcenschonende und vor allem zügig verfügbare, adäquate Polytraumaversorgung unabdingbar. In Bezug auf diese Kriterien zeigt sich durch die Zunahme der Patientenzuweisungen zu einem RTZ (und deutlicher Rückgang der Zuweisungen zu den LTZ) ein deutlicher Einfluss des Netzwerkgedankens. Die Frage ob sich diese Änderungen auch auf das individuelle Outcome der Patienten auswirkt, konnte nicht hinreichend beantwortet werden. Hierzu sind weitere Untersuchungen vonnöten.

6 Anhang

6.1 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AIS	Abbreviated Injury Scale
ASA SCORE	Einschätzung der Vorerkrankungen nach der American Society of Anaesthesiologists
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
GCS	Glasgow Coma Scale
INR	International Normalized Ratio (Wert zur Messung der Blutgerinnung)
ISS	Injury Severity Score
KIS	Krankenhausinformationssystem
LTZ	Lokales TraumaZentrum
MAIS	Maximaler AIS (s.o.)
MVZ	Medizinisches Versorgungszentrum
NISS	New Injury Severity Score
PTT	Partielle Thromboplastinzeit (Wert zur Messung der Blutgerinnung)
RISC	Revised Injury Severity Classification Score
RR SYS	Systolischer Blutdruckwert
RTH	Rettungshubschrauber
RTZ	Regionales TraumaZentrum
SHT	Schädel- Hirntrauma
SMR	Standardized mortality ratio
TNO	TraumaNetzwerk Ostbayern
TRISS	Trauma and Injury Severity Score
TZ	TraumaZentrum
ÜTZ	Überregionales TraumaZentrum

6.2 Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: TraumaNetzwerk Ostbayern mit zugehörigen TraumaZentren, Stand 1.1.2012 TraumaNetzwerk DGU
- Abbildung 2: Kriterien für einen hohen Gefährdungsgrad aus dem Weißbuch der Schwerverletztenversorgung 2006
- Abbildung 3: Die Region Ostbayern, Überblick über die Verkehrsinfrastruktur, Quelle: mr-kartographie, Gotha, 2018
- Abbildung 4: Personelle Ausstattung des Basisteam zur Schwerverletztenversorgung in Abhängigkeit von der Versorgungsstufe der Klinik. Kopiert aus
- Abbildung 5: Erhebungsbogen des TraumaRegisters der DGU, Stand 01.03.2009, kopiert aus Quelle
- Abbildung 6: Übersicht über die Geschlechterverteilung im Vergleich der Phasen (links)
- Abbildung 7: Übersicht über die Altersverteilung im Vergleich der Phasen (rechts)
- Abbildung 8: Verteilung der Patienten auf das Transportmittel im Vergleich der Phasen
- Abbildung 9: Übersicht über die Unfallhergänge im Vergleich der Phasen
- Abbildung 10: ISS Verteilung der gesamten Datenbank
- Abbildung 11: NISS Verteilung der gesamten Datenbank
- Abbildung 12: Verteilung des ISS vor und nach TNO
- Abbildung 13: Verteilung des NISS vor und nach TNO
- Abbildung 14: Überlebenswahrscheinlichkeit anhand des RISC Scores
- Abbildung 15: Überlebenswahrscheinlichkeit (RISC) im Vergleich vor/nach TNO
- Abbildung 16: Überblick über die Patientenverteilung in Bezug auf das TraumaZentrum
- Abbildung 17: Verteilung der Patienten auf die TraumaZentren in Abhängigkeit des Transportmittels
- Abbildung 18: Verletzungsschwere (ISS) der Patienten des ÜTZ in Abhängigkeit des Transportmittels im Vergleich der Phasen (links)
- Abbildung 19: Verletzungsschwere (ISS) der Patienten des RTZ in Abhängigkeit des Transportmittels im Vergleich der Phasen (rechts)
- Abbildung 20: Verletzungsschwere (NISS) der Patienten des ÜTZ in Abhängigkeit des Transportmittels im Vergleich der Phasen (links)
- Abbildung 21: Verletzungsschwere (NISS) der Patienten des RTZ in Abhängigkeit des Transportmittels im Vergleich der Phasen (rechts)
- Abbildung 22: Verteilung der Patienten des ÜTZ mit SHT in Abhängigkeit des Transportmittels (links)
- Abbildung 23: Verteilung der Patienten des RTZ mit SHT in Abhängigkeit des Transportmittels (rechts)
- Abbildung 24: Verteilung der Patienten des LTZ mit SHT des bodengebundenen Notarztes
- Abbildung 25: Überblick über die Patientenverteilung auf die TraumaZentren insgesamt
- Abbildung 26: Verteilung der Patienten in Bezug auf das Verletzungsmuster nach AIS-Region Kopf ≥ 4
- Abbildung 27: Verteilung der Patienten in Bezug auf das Verletzungsmuster nach AIS-Region Thorax ≥ 4
- Abbildung 28: Verteilung der Patienten in Bezug auf das Verletzungsmuster nach AIS-Region Abdomen ≥ 4

Abbildung 29: Verteilung der Patienten in Bezug auf das Verletzungsmuster nach AIS-Region Extremitäten ≥ 4

Abbildung 30: Verteilung der Patienten in Bezug auf schwerste Verletzungen mehrerer Körperregionen und das zubringende Transportmittel

Abbildung 31: Überblick über die Letalität

Abbildung 32: Überblick über die Krankenhausliegedauer

6.3 Literaturverzeichnis

- ¹ Haas NP, Von Fournier C, Tempka A, Südkamp NP. Traumzentrum 2000 - Wieviele und welche Traumzentren braucht Europa um das Jahr 2000? *Unfallchirurg*. 1997;100:852-858.
- ² Sturm J, Kühne C. A., Ruchholtz S. Initiative TraumaNetzwerk - Qualitätssichernde Maßnahmen bei der Polytraumaversorgung. *Trauma und Berufskrankheit*. 2006;8:58-64.
- ³ Debus F, Lefering R, Frink M, et al. Anzahl der Schwerverletzten in Deutschland. *Dtsch Arztebl Int*. 2015;112(49):823-829.
- ⁴ Pape HC, Grotz M, Schwermann T, et al. Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Kosten der Versorgung schwer Verletzter - Eine Initiative des Traumaregisters der DGU. *Unfallchirurg*. 2003;106(4):348-357.
- ⁵ Grotz M, Schwermann T, Lefering R, et al. DRG-Entlohnung beim Polytrauma - Ein Vergleich mit den tatsächlichen Krankenhauskosten anhand des DGU-Traumaregisters. *Unfallchirurg*. 2004;107(1):68-75.
- ⁶ Nathens AB, Brunet FP, Maier R V. Development of trauma systems and effect on outcomes after injury. *Lancet*. 2004;363:1794-1801.
- ⁷ Rotondo MF, Cribari C, Smith RS. Resources for Optimal Care of the Injured Patient. American College of Surgeons; Chicago 2014.
- ⁸ Statistisches Bundesamt. *Daten aus dem Gemeindeverzeichnis Kreisfreie Städte und Landkreise nach Fläche und Bevölkerung auf Grundlage Des ZENSUS 2011 Und Bevölkerungsdichte Gebietsstand 31.12.2015*. Wiesbaden; 2016.
- ⁹ Innenministerium Bayern. Luftrettung in Bayern. <https://www.innenministerium.bayern.de/sus/rettungswesen/luftrettung/index.php>. Accessed July 7, 2017.
- ¹⁰ TraumaRegister DGU. *Leitfaden Für das Ausfüllen Des Erhebungsbogen Des TraumaRegister DGU.*; 2017. http://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user_upload/traumaregister-dgu.de/docs/Downloads/TR-DGU_-_Leitfaden_Standard_QM-Bogen.pdf. Accessed July 10, 2017.
- ¹¹ AUC – Akademie der Unfallchirurgie GmbH. Netzwerkkarte - TraumaNetzwerk DGU. <http://inm-maps.inm-online.de/mapviewer/dgu/tnw-v1.html>. Published 2012. Accessed January 1, 2012.
- ¹² Kühne CA, Zettl RP, Ruchholtz S. Auswahl des Zielkrankenhauses bei Trauma. *Innsbruck Notfall Rettungsmed*. 2008;11:381-385.
- ¹³ Erhebungsbogen des TraumaRegisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. <http://www.traumaregister-dgu.de/de/registerstruktur/erhebungsboegen.html>
- ¹⁴ TraumaRegister DGU. Über uns. http://www.traumaregister-dgu.de/de/ueber_uns.html. Accessed July 10, 2017.
- ¹⁵ TraumaRegister DGU. Registerstruktur des TraumaRegisters DGU. <http://www.traumaregister-dgu.de/de/registerstruktur.html>. Accessed July 10, 2017.
- ¹⁶ SPSS-Einführung - PASW | Statistik-Tutorial. <http://www.statistik-tutorial.de/einfuehrung/>. Accessed July 10, 2017.
- ¹⁷ Unger R. *Einführungskurs SPSS*. https://unger.soziologie.uni-halle.de/scripts/spss/pdf_spss.pdf. Accessed July 10, 2017.
- ¹⁸ States JD, Fenner HA, Flamboe EE, Nelson WD, Hames LN. Field Application and Research Development of the Abbreviated Injury Scale. *J Automot Eng*. 1972;80:145-147.
- ¹⁹ Ryan G, Garrett J, Williams R, Schamadan J, Campbel E. Rating the Severity of Tissue Damage. The Abbreviated Injury Scale. *JAMA J Am Med Assoc*. 1971;(2):215-277.
- ²⁰ Petrucelli E, States JD, Hames LN. The Abbreviated Injury Scale: Evolution, usage and future adaptability. *Accid Anal Prev*. 1981;13(1):29-35.
- ²¹ Stevenson M, Segui-Gomez M, Lescohier I, Di Scala C, McDonald-Smith G. An overview of the injury severity score and the new injury severity score. *Inj Prev*. 2001;7(1):10-13.
- ²² Haasper C, Junge M, Ernstberger A, et al. Die Abbreviated Injury Scale (AIS). *Unfallchirurg*. 2010;113:366-372.
- ²³ MacKenzie EJ. Injury Severity Scales: overview and directions for future research. *Am J Emerg Med*. 1984;2(6):537-549.
- ²⁴ Civil ID, Schwab CW. The Abbreviated Injury Scale, 1985 revision: a condensed chart for clinical use. *J Trauma*. 1988;28(1):87-90.
- ²⁵ Gennarelli TA, Wodzin E. AIS 2005: A contemporary injury scale. *Injury*. 2006;37(12):1083-1088.
- ²⁶ Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB. The Injury Severity Score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma*. 1974;14(3):187-196.
- ²⁷ Baker SP, O'Neill B. The Injury Severity Score: An Update. *J Trauma Acute Care Surg*. 1976;16(11).
- ²⁸ Butcher N, Balogh ZJ. The definition of polytrauma: the need for international consensus. *Injury*. 2009;40:12-22.
- ²⁹ Osler T, Baker SP, Long W. A Modification of the Injury Severity Score That Both Improves Accuracy and Simplifies Scoring. *J Trauma Acute Care Surg*. 1997;43(6).
- ³⁰ Lavoie A, Moore L, LeSage N, Liberman M, Sampalis JS. The New Injury Severity Score: A More Accurate Predictor of In-Hospital Mortality than the Injury Severity Score. *J Trauma Acute Care Surg*. 2004;56(6).
- ³¹ Tay S-Y, Sloan EP, Zun L, Zaret P. Comparison of the New Injury Severity Score and the Injury Severity Score. *J Trauma Acute Care Surg*. 2004;56(1).
- ³² Jamulitrat S, Sangkerd P, Thongpiyapoom S, Narong MN. A comparison of mortality predictive abilities between NISS and ISS in trauma patients. *JOURNAL-MEDICAL Assoc Thail*. 2001;84(10):1416-1421.

- ³³ Brennenan FD, Boulanger BR, McLellan BA, Redelmeier DA. Measuring injury severity: time for a change. *J Trauma Acute Care Surg.* 1998;44(4):580-582.
- ³⁴ Lefering R. Development and Validation of the Revised Injury Severity Classification Score for Severely Injured Patients. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2009;35:437-447.
- ³⁵ Raj R, Brinck T, Skrifvars MB, et al. Validation of the revised injury severity classification score in patients with moderate-to-severe traumatic brain injury. *Inj Int J Care Inj.* 2015;46:86-93.
- ³⁶ Andruszkow H, Lefering R, Frink M, et al. Survival benefit of helicopter emergency medical services compared to ground emergency medical services in traumatized patients. *Crit Care.* 2013;17(3):R124.
- ³⁷ Schluter PJ. The Trauma and Injury Severity Score (TRISS) revised. *Injury.* 2011;42(1):90-96.
- ³⁸ Wongsirisuwan M. Trauma and Injury Severity Score (TRISS) in Head Injury Patients. *THAI J Surg.* 2003;24:21-28.
- ³⁹ Brilej D, Vlaovic M, Komadina R. Improved prediction from revised injury severity classification (RISC) over trauma and injury severity score (TRISS) in an independent evaluation of major trauma patients. *J Int Med Res.* 2010;38(4):1530-1538.
- ⁴⁰ Lefering R, Huber-Wagner S, Nienaber U, Maegele M, Bouillon B. Update of the trauma risk adjustment model of the TraumaRegister DGUTM: the Revised Injury Severity Classification, version II. *Crit Care.* 2014;18(5):476.
- ⁴¹ Teasdale G, Jennett B. Assessment Of Coma And Impaired Consciousness. A Practical Scale. *Lancet.* 1974;304(7872):81-84.
- ⁴² Heim C, Schoettker P, Spahn DR. Glasgow Coma Score für den Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma. *Anaesthesist.* 2004;53:1245-1256.
- ⁴³ Teasdale G, Maas A, Lecky F, Manley G, Stocchetti N, Murray G. The Glasgow Coma Scale at 40 years: standing the test of time. *Lancet Neurol.* 2017;13(8):844-854.
- ⁴⁴ Teasdale G, Galbraith S, Clarke K. Acute impairment of brain function-2. Observation record chart. *Nurs Times.* 1975;71(25):972-973.
- ⁴⁵ Born JD, Albert A, Hans P, Bonnal J. Relative Prognostic Value of Best Motor Response and Brain Stem Reflexes in Patients with Severe Head Injury. *Neurosurgery.* 1985;16(5):595-601.
- ⁴⁶ Marshall LF, Becker DP, Bowers SA, et al. The National Traumatic Coma Data Bank. *J Neurosurg.* 1983;59(2):276-284.
- ⁴⁷ Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Lawnick MM, Keast SL, Frey CF. The Major Trauma Outcome Study: Establishing National Norms for Trauma Care. *J Trauma.* 1990;30(11):1356-1365.
- ⁴⁸ DGU® das T, Lefering R, Nienaber U. Jahresbericht 2016 (Für Den Zeitraum Bis Ende 2015).; 2016.
- ⁴⁹ Simons R, Kasic S, Kirkpatrick A, Vertesi L, Phang T, Appleton L. Relative Importance of Designation and Accreditation of Trauma Centers during Evolution of a Regional Trauma System. *J Trauma.* 2002;52(5):827-834.
- ⁵⁰ Standke W. Das Unfall- und Verletzungsgeschehen am Arbeitsplatz. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz. 2014;57(6):621-627.
- ⁵¹ Wick M, A. E, G. M. Motorradunfälle im Straßenverkehr. Unfallchirurg. 1997;100:140-145.
- ⁵² DESTATIS. Verkehrsunfälle, Unfälle von Frauen Und Männern Im Straßenverkehr 2014. Wiesbaden; 2015.
- ⁵³ Arnett JJ, Offer D, Fine MA. Reckless driving in adolescence: "State" and "trait" factors. *Accid Anal Prev.* 1997;29(1):57-63.
- ⁵⁴ Andruszkow H, Schweigkofler U, Lefering R, et al. Impact of Helicopter Emergency Medical Service in Traumatized Patients: Which Patient Benefits Most? Burney RE, ed. *PLoS One.* 2016;11(1):
- ⁵⁵ Esmer E, Derst P, Lefering R, et al. Präklinische Einschätzung der Verletzungsart und -schwere beim Schwerverletzten durch den Notarzt. Unfallchirurg. 2017;120:409-416.
- ⁵⁶ Frink M, Probst C, Hildebrand F, et al. Einfluss des Transportmittels auf die Letalität bei polytraumatisierten Patienten. *Online.* 2007;110:334-340.
- ⁵⁷ AG Polytrauma DGU. Jahresbericht 2006 - Traumregister DGU.; 2006. http://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user_upload/traumaregister-dgu.de/docs/Downloads/TR-DGU-Jahresbericht_2006.pdf. Accessed July 6, 2017.
- ⁵⁸ Unger T, Rigling A. Berichte Der ADAC Unfallforschung - Untersuchung von Auslösestrategien bei Airbagsystemen. Landsberg/Lech; 2011.
- ⁵⁹ Loo GT, Siegel JH, Dischinger PC, et al. Airbag protection versus compartment intrusion effect determines the pattern of injuries in multiple trauma motor vehicle crashes. *J Trauma.* 1996;41(6):935-951.
- ⁶⁰ Hayakawa H, Fischbeck PS, Fischhoff B. Traffic accident statistics and risk perceptions in Japan and the United States. *Accid Anal Prev.* 2000;32:827-835.
- ⁶¹ Peek-Asa C, Zwerling C. Role of Environmental Interventions in Injury Control and Prevention. *Epidemiol Rev.* 2003;25(25):77-89.
- ⁶² Schöne D, Freiburger E, Sieber CC. Einfluss der Skelettmuskulatur auf das Sturzrisiko im Alter. *Internist.* 2017;58(4):359-370.
- ⁶³ Fischer H, Helm M, Lampl L. Veränderungen des Einsatzspektrums der Luftrettung - Vergleichende Analyse der 5-Jahres-Zeiträume 1980-1984 und 2000-2004 am Beispiel des "Christoph 22", Ulm. *Der Notarzt.* 2009;25:143-150.
- ⁶⁴ Gries A, Russ N, Schlechtriemen T. Luftrettung in Deutschland - eine aktuelle Übersicht. *Notfallmedizin up2date.* 2007;2:341-354
- ⁶⁵ Lange E. Häufigkeit eines zweiten Notarztes bei der Behandlung eines Traumapatienten und dessen Einfluss auf Therapie, Diagnostik und Outcome. *Med. Diss.* 2017.

-
- ⁶⁶ Lange E. Häufigkeit eines zweiten Notarztes bei der Behandlung eines Traumapatienten und dessen Einfluss auf Therapie, Diagnostik und Outcome. Med. Diss. 2017.
- ⁶⁷ Koller M, Ernstberger A, Loss J, Hainz C, Herbst T, Nerlich M. *Ergebnis Nach Polytrauma in Einem Zertifizierten Traumanetzwerk.*; 2012.
- ⁶⁸ www.traumanetzwerk-dgu.de Netzwerkkarte 2012
- ⁶⁹ American College of Surgeons. National Trauma Data Bank 2011 - Annual Report.; 2011.
- ⁷⁰ Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie. S3 – Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung. 2016.
- ⁷¹ Zeckey C, Hildebrand F, Probst C, Krettek · C. Traumasysteme in Deutschland, USA und Australien. *Unfallchirurg.* 2010;113:771-777
- ⁷² Barquist E, Pizzutiello M, Tian L, Cox C, Bessey PQ. Effect of Trauma System Maturation on Mortality Rates in Patients with Blunt Injuries in the Finger Lakes Region of New York State. *J Trauma Inj Infect Crit Care.* 2000;49(1):63-70.
- ⁷³ Mullins RJ, Veum-Stone J, Helfand M, et al. Outcome of Hospitalized Injured Patients After Institution of a Trauma System in an Urban Area. *JAMA J Am Med Assoc.* 1994;271(24):1919-1924.
- ⁷⁴ Mullins RJ, Veum-Stone J, Hedges JR, et al. Influence of a Statewide Trauma System on Location of Hospitalisation and Outcome of Injured Patients. *J Trauma Inj Infect Crit Care.* 1996;40(4):536-546.
- ⁷⁵ Schweigkofler U, Reimertz C, Lefering R, Hoffmann R. Bedeutung der Luftrettung für die Schwerverletztenversorgung. *Unfallchirurg.* 2015;118(3):240-244
- ⁷⁶ Ruchholtz S, Lefering · R, Debus · F, Mand · C, Kühne · C, Siebert · H. TraumaNetzwerk DGU® und TraumaRegister DGU® Erfolge durch Kooperation und Dokumentation. *Chirurg.* 2013;84:730-738
- ⁷⁷ Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung. 2006.
- ⁷⁸ Zimmermann M, Arlt M, Drescher J, Neumann C. Luftrettung in der Nacht Teil 1: Untersuchung von nächtlichen Primäreinsätzen in der Luftrettung. *Notfall Rettungsmed.* 2007;1(11):37-45.
- ⁷⁹ Wurm S, Röse M, von Rüden C, Woltmann A, Bühren V. Das schwere Polytrauma mit einem ISS \geq 50. *Z Orthop Unfall.* 2012;150(3):296-301.
- ⁸⁰ Ernstberger A, Leis A, Dienstknecht T, Schandelmaier P, Nerlich M. Umsetzung und Implementierung Eines Traumanetzwerkes der DGU am Beispiel des Traumanetzwerkes Ostbayern. *Unfallchirurg.* 2009;112(11):1010-1020
- ⁸¹ Shackford SR, Hollingworth-Fridlund P, Cooper GF, Eastman AB. The Effect of Regionalization upon the Quality of Trauma Care as Assessed by Concurrent Audit before and after Institution of a Trauma System: A Preliminary Report. *J Trauma.* 1986;26(9):812-820.
- ⁸² Ruchholtz S, Lefering R, Paffrath T, et al. Rückgang der Traumaletalität - Ergebnisse des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. *Dtsch Arztebl.* 2008;13:225-231.
- ⁸³ Biewener A, Aschenbrenner U, Sauerland S, Zwipp H, Rammelt S, Sturm J. Einfluss von Rettungsmittel und Zielklinik auf die Letalität nach Polytrauma. *Unfallchirurg.* 2005;5:370-377.
- ⁸⁴ Nathens AB, Jurkovich GJ, Cummings P, Rivara FP, Maier R V. The Effect of Organized Systems of Trauma Care on Motor Vehicle Crash Mortality. *JAMA.* 2000;283(15):1990-1994.
- ⁸⁵ MacKenzie EJ, Rivara FP, Jurkovich GJ, et al. A National Evaluation of the Effect of Trauma-Center Care on Mortality. *N Engl J Med.* 2006;4:366-378.
- ⁸⁶ Davenport RA, Tai N, West A, et al. A major trauma centre is a specialty hospital not a hospital of specialties. *Br J Surg.* 2009;97(1):109-117.
- ⁸⁷ Smith RF, Frateschi L, Sloan EP, et al. The Impact of Volume on Outcome in Seriously Injured Trauma Patients: Two Years' Experience of Chicago Trauma System. *J Trauma Inj Infect Crit Carerauma.* 1990;30(9):1066-1076.
- ⁸⁸ Zacher MT, Kanz KG, Hanschen M, et al. Association between volume of severely injured patients and mortality in German trauma hospitals. *Br J Surg.* 2015;102(10):1213-1219
- ⁸⁹ Cooper A, Hannan EL, Bessey PQ, Farrell LS, Cayten CG, Mottley L. An examination of the Volume-Mortality Relationship for New York State Trauma Centers. *J Trauma Inj Infect Crit Care.* 2000;48(1):16-24.
- ⁹⁰ Resources for Optimal Care of the Injured Patient. American College of Surgeons; 2014.
- ⁹¹ Demetriades D, Martin M, Salim A, Rhee P, Brown C, Chan L. The Effect of Trauma Center Designation and Trauma Volume on Outcome in Specific Severe Injuries. *Ann Surg.* 2005;242:512-519.
- ⁹² DuBose JJ, Browder T, Inaba K, Teixeira PGR, Chan LS, Demetriades D. Effect of Trauma Center Designation on Outcome in Patients With Severe Traumatic Brain Injury. *Arch Surg.* 2008;143(12):1213.
- ⁹³ Liberman M, Mulder DS, Jurkovich GJ, Sampalis JS. The association between trauma system and trauma center components and outcome in a mature regionalized trauma system. *Surgery.* 2005;137:647-658.
- ⁹⁴ Siman-Tov M, Radomislensky I, Peleg K. Reduction in trauma mortality in Israel during the last decade (2000-2010): The impact of changes in the trauma system. *Inj Int J Care Inj.* 2013;44:1448-1452.

6.4 Danksagung

Mein Dank gilt vor allem meinen Mitdotorandinnen und Dr. Antonio Ernstberger, der diese Arbeit betreut hat. Vielen Dank für die vielen Stunden der produktiven Zusammenarbeit und die Ermunterung allen Widrigkeiten zum Trotz immer wieder den Faden neu aufzunehmen und "am Ball" zu bleiben.

Mein größter Dank gilt allerdings meiner kleinen zweijährigen Tochter Emma Sophie, die die Fertigstellung dieser Arbeit erst ermöglicht hat. Dabei möchte ich die vielen Stunden großelterlicher Betreuung nicht unerwähnt lassen und mich an dieser Stelle noch einmal ganz herzlich bedanken.

Last but not least, sei der Hauptleidtragende dieser Arbeit erwähnt. Mein lieber Ehemann, du musstest sämtlichen Frust und Ärger dieser Arbeit ertragen, endlose Diskussionen mit mir führen und nebenbei noch Haushalt und Kinder versorgen. Worte können deiner Unterstützung in dieser Zeit nicht gerecht werden. Dafür gebührt dir mein Dank und meine Liebe.