

Diplomarbeit

**Der Stellenwert der Lungenkontusion nach stumpfem
Thoraxtrauma im Kindes- und Jugendalter**

eingereicht von

Josef Wagner

Geb.Dat.: 16.03.1986

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz

unter der Anleitung von

Priv.-Doz. Dr. Emir Haxhija

und

Priv.-Doz. Dr. Johannes Schalamon

Ort, Datum

(Unterschrift)

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

Unterschrift

Danksagungen

Mein größter Dank gilt meiner Familie, allen voraus meinen Eltern Josef und Edith Wagner, die mich während meiner Ausbildung auf jegliche nur erdenkliche Weise unterstützt und mich mit ihrer ganz besonders einfühlsamen, motivierenden und bekräftigenden Art begleitet haben.

Ohne die Inspiration von Josefa Puntigam und MR Dr. Günther Puntigam hätte ich mich wohl nie zum Medizinstudium entschlossen. Insofern gilt ihnen ein ganz besonderer Dank.

Weiters möchte ich mich bei meinen Betreuern Priv.-Doz. Dr. Emir Haxhija und Priv.-Doz. Dr. Johannes Schalamon bedanken, ohne deren hervorragende Betreuung diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Zusammenfassung

Einleitung:

Lungenkontusionen sind die häufigsten thorakalen Verletzungen im Kindes- und Jugendalter. Sie entstehen im Rahmen von Thoraxtraumen und gehen mit einer erhöhten Letalität einher. Verkehrsunfälle sind typische Hergänge, die zu Lungenkontusionen führen. Pathophysiologisch kommt es zu einem Lungenödem, diffusen Einblutungen und Atelektasenbildungen. Das klinische Bild kann sich innerhalb der ersten 48 Stunden nach dem Trauma kontinuierlich verschlechtern und bis zur respiratorischen Insuffizienz führen.

Material und Methoden:

Es wird mittels einer retrospektiven Analyse das PatientInnenkollektiv sowie die Schwere, der Verlauf, das Management, der Stellenwert der Begleitverletzungen und das Outcome von Fällen betroffener Kinder und Jugendlicher bis zu einem Alter von 18 Jahren analysiert, welche von 01.01.2001 bis 31.12.2011 an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz behandelt wurden. Die aktuellen Daten werden mit den bereits für eine vorhergehende Publikation erhobenen des Zeitraumes 1986 – 2000 verglichen. Weiters wird ergründet, durch welche Hergänge die Lungenkontusionen entstanden sind und der Frage nachgegangen, ob es eine Korrelation zwischen der Anzahl von Rippenfrakturen und dem Anteil der beatmungspflichtigen PatientInnen und/oder dem Anteil der gestorbenen PatientInnen gibt.

Ergebnisse:

Zwischen 1986 – 2000 und 2001 – 2011 zeigte sich ein markanter Anstieg der durchschnittlichen PatientInnen pro Jahr mit diagnostizierter Lungenkontusion und ein besonders deutlicher Anstieg des Anteiles der PatientInnen mit Lungenkontusion, welche ein Trauma durch einen Mopedunfall erlitten hatten. 1986 – 2000 wurde keine einzige Lungenkontusion durch Mopedunfälle verursacht, wohingegen dieser Traumahergang im Zeitraum 2001 – 2011 die zweithäufigste Ursache für diese Verletzung darstellte. Es mussten im aktuellen Zeitraum bei einem weitaus geringeren Anteil an PatientInnen Thoraxdrainagen gelegt werden. Weiters zeigte sich eine signifikante positive Korrelation zwischen der Anzahl der Rippenfrakturen bei Lungenkontusion und dem Anteil der PatientInnen, welche eine künstliche Beatmungsform benötigen.

Diskussion:

Der Anstieg der PatientInnen pro Jahr und der des Anteiles der verunfallten MopedfahrerInnen könnte zumindest teilweise ein lokales Phänomen darstellen, das nicht auf andere Regionen und Kliniken übertragbar ist. Insgesamt erscheint eine multifaktorielle Kausalität als möglich. Die gefundene positive Korrelation zwischen der Anzahl der Rippenfrakturen und dem Anteil der beatmungspflichtigen PatientInnen könnte sich zur besseren Abschätzung des Verlaufes von Lungenkontusionen als nützlich erweisen.

Abstract

Introduction:

Pulmonary contusions are the most frequent thoracic injuries in childhood and adolescence. They are caused by thoracic trauma and are associated with a high mortality rate. Road traffic accidents are frequent injury mechanisms, which lead to blunt chest trauma and pulmonary contusions. The injury causes diffuse pulmonary bleeding, oedema and atelectasis. The clinical presentation can get worse up to 48 hours after the trauma.

Materials and Methods:

Using a retrospective analysis, the patient population, the injury types, the injury mechanisms, the severity of injuries, the clinical course of chest injuries, the management and the outcome of pulmonary contusions, and the importance of associated injuries have been analyzed. All patients with pulmonary contusions, who were less than 19 years of age and who were treated at the Department of Pediatric and Adolescent Surgery of the University Hospital Graz in the time period between 2001 and 2011 were included in this study. These data have been compared to an already existing dataset from the time between 1986 and 2000. Furthermore, the mechanics of trauma, which lead to the contusions, were investigated and it has been tested if there is a positive correlation between the number of fractured ribs and the need for assisted ventilation and/or the mortality rate.

Results:

A substantial increase in the number of patients with pulmonary contusions per year has been found when the time periods 1986 – 2000 and 2001 – 2011 have been compared. In the time period 1986 – 2000 there were no pulmonary contusions caused by moped accidents. In contrast, in the time period 2001 – 2011 moped accidents have been the second most common cause for this kind of injury. Interestingly, although the number of patients with pulmonary contusions increased, a smaller number of patients had to be managed by chest-tube-placement in the time period 2001 – 2011. Furthermore, a significant positive correlation between the number of fractured ribs and the need for assisted ventilation has been found in this study.

Discussion:

The increased number of patients with pulmonary contusions per year and the emergence of moped accidents as one of the main mechanisms leading to pulmonary injuries in the 2001 – 2011 time period may be seen as local phenomena, but certainly intrigue for further more global research. Multiple causes might have been leading to these results. The positive correlation between the number of fractured ribs and the need for assisted ventilation could be of value for the early estimation of the course of this type of injury.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen.....	i
Zusammenfassung.....	ii
Abstract.....	iii
Abkürzungen.....	vi
Abbildungsverzeichnis.....	vii
Tabellenverzeichnis.....	viii
1 Einleitung.....	1
1.1 Allgemeines und Zielsetzung.....	1
1.2 Epidemiologie.....	2
1.2.1 Ätiologie.....	2
1.2.2 Inzidenz.....	2
1.2.3 Letalität / Outcome.....	3
1.2.4 Langzeitoutcome.....	4
1.2.5 Relevante Besonderheiten des Kindes- und Jugendalters.....	5
1.2.6 Internationaler Vergleich und geographische Einflussfaktoren.....	6
1.2.7 Assoziierte Erkrankungen, Verletzungen und Komplikationen.....	7
1.3 Pathophysiologie.....	9
1.4 Diagnostik.....	11
1.5 Therapie.....	14
2 Material und Methoden.....	16
2.1 Allgemeine Bemerkungen.....	16
2.2 PatientInnenkollektiv.....	16
2.3 Fragestellungen.....	17
2.4 Datenerhebung.....	18
2.5 Datenschutz.....	19
2.6 Auswertung.....	19
2.6.1 Abbreviated Injury Scale / Injury Severity Score.....	21
2.7 Anmerkung zu den Grafiken.....	22
3 Ergebnisse – Resultate.....	23
3.1 Fragestellung I.....	23
3.1.1 Anzahl der Fälle.....	23
3.1.2 Geschlechtsverteilung.....	25
3.1.3 Altersverteilung.....	27
3.1.4 Dauer des stationären Aufenthaltes.....	29
3.1.5 Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation.....	31
3.1.6 Injury Severity Score.....	33
3.1.7 Anteil der beatmungspflichtigen PatientInnen.....	36
3.1.8 Anzahl der PatientInnen, bei denen Thoraxdrainagen gelegt wurden...37	
3.1.9 Letalität.....	38
3.1.10 Anzahl der PatientInnen mit Rippenfrakturen / Anzahl der Pneumo-, Hämato- und Hämato-pneumothoraces / Anteil der PatientInnen mit extrathorakalen Verletzungen.....	39
3.2 Fragestellung II – Durch welche Hergänge wurden die Lungenkontusionen verursacht?.....	40
3.3 Fragestellung III.....	42
3.3.1 Gibt es Hinweise darauf, dass die Anzahl der Rippenfrakturen der jewei- ligen PatientInnen mit der Notwendigkeit einer künstlichen Beatmung positiv korreliert?.....	42

3.3.2 Gibt es Hinweise darauf, dass die Anzahl der Rippenfrakturen der jeweiligen PatientInnen mit der Sterblichkeit in Folge des Traumas korreliert?.....	44
4 Diskussion.....	45
5 Literaturverzeichnis.....	52
Anhang – Statistik.....	x
Fragestellung I.....	x
Fragestellung III.....	xxiii

Abkürzungen

AIS: Abbreviated Injury Scale

ARDS: Acute Respiratory Distress Syndrome

ISS: Injury Severity Score

Abbildungsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:Verlaufsdarstellung. Patient mit Lungenkontusion, Pneumothorax und Rippenserienfraktur links.	11
Abbildung 2: Balkendiagramm – Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der durchschnittlichen Anzahl der PatientInnen mit Lungenkontusion pro Jahr	23
Abbildung 3: Histogramm - Anzahl der PatientInnen mit Lungenkontusion pro Jahr. Balkenbreite = 1 Jahr. n=132.....	24
Abbildung 4: Kreisdiagramm - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der Geschlechtsverteilung der PatientInnen mit Lungenkontusion	25
Abbildung 5: Boxplotdiagramm - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der Altersverteilung der PatientInnen mit Lungenkontusion.....	27
Abbildung 6: Histogramm - Altersverteilung in Zeitraum A. Balkenbreite = 1 Jahr. n=41.....	28
Abbildung 7: Histogramm - Altersverteilung in Zeitraum B. Balkenbreite= 1 Jahr. n=91.....	28
Abbildung 8: Boxplotdiagramm - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der Dauer des stationären Aufenthaltes	29
Abbildung 9: Verteilung der Dauer des stationären Aufenthaltes in Zeitraum A. Die Balkenbreite beträgt 2 Tage. n=41.....	30
Abbildung 10: Verteilung der Dauer des stationären Aufenthaltes in Zeitraum B. Die Balkenbreite beträgt 2 Tage. n=91.....	30
Abbildung 11: Boxplotdiagramm - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation.....	31
Abbildung 12: Histogramm - Verteilung der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation in Zeitraum A. Die Balkenbreite beträgt 2 Tage. n=41.....	32
Abbildung 13: Histogramm - Verteilung der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation in Zeitraum B. Die Balkenbreite beträgt 2 Tage. n=91.....	32
Abbildung 14: Boxplotdiagramm - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der Häufigkeitsverteilung des ISS.....	33
Abbildung 15: Histogramm - Häufigkeitsverteilung des ISS in Zeitraum A. Die Balkenbreite beträgt 2 Tage. n=41.....	34
Abbildung 16: Histogramm - Häufigkeitsverteilung des ISS in Zeitraum B. Die Balkenbreite beträgt 2 ISS-Punkte. n=89.....	34
Abbildung 17: Kreisdiagramme - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich des Anteiles der beatmungspflichtigen PatientInnen	36
Abbildung 18: Kreisdiagramme zur Anzahl der PatientInnen, bei denen Thoraxdrainagen gelegt wurden.....	37
Abbildung 19: Kreisdiagramme - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der Letalität.....	38
Abbildung 20: Balkendiagramm - Häufigkeiten der unterschiedlichen Traumahergänge im Zeitraum 2001 - 2011.....	41
Abbildung 21: Punktdiagramm zur grafischen Darstellung der Korrelation zwischen Rippenfrakturen und Beatmungspflicht.....	43

Tabellenverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kreuztabelle zur Geschlechtsverteilung.....	25
Tabelle 2: Kreuztabelle der Anzahl der beatmungspflichtigen PatientInnen.....	36
Tabelle 3: Kreuztabelle zur Anzahl der PatientInnen, bei denen Thoraxdrainagen gelegt wurden.....	37
Tabelle 4: Kreuztabelle zur Letalität.....	38
Tabelle 5: Tabelle bezüglich der absoluten und relativen Häufigkeiten der einzel- nen Traumahergänge im Zeitraum 2001 - 2011.....	40
Tabelle 6: Kreuztabelle zur Korrelation zwischen Rippenfrakturen und Beatmungs- pflicht	43
Tabelle 7: Kreuztabelle zur Korrelation zwischen Rippenfrakturen und Letalität .	44
Tabelle 8: Tabelle zur Darstellung der Verteilung der Geschlechter nach Trauma- hergang.....	48
Tabelle 9: Kreuztabelle zur Geschlechtsverteilung.....	x
Tabelle 10: Statistische Tests zur Geschlechtsverteilung.....	x
Tabelle 11: Deskriptive Statistik zur Altersverteilung.....	xi
Tabelle 12: Normalverteilungstests der Daten zur Altersverteilung.....	xii
Tabelle 13: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschied der Altersverteilun- gen (Rangsummen).....	xii
Tabelle 14: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschied der Altersverteilun- gen.....	xii
Tabelle 15: Deskriptive Statistik zur Dauer des stationären Aufenthaltes.....	xiii
Tabelle 16: Normalverteilungstests der Daten zur Dauer des stationären Aufenthal- tes.....	xiv
Tabelle 17: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschied der der Dauer des stationären Aufenthaltes (Rangsummen).....	xiv
Tabelle 18: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschied der der Dauer des stationären Aufenthaltes.....	xiv
Tabelle 19: Deskriptive Statistik zur Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation	xv
Tabelle 20: Normalverteilungstests der Daten zur Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation.....	xvi
Tabelle 21: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschied der der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation (Rangsummen).....	xvi
Tabelle 22: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschied der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation.....	xvi
Tabelle 23: Tabelle zu den bei der statistischen Analyse des ISS nicht berücksich- tigten Fällen.....	xvii
Tabelle 24: Deskriptive Statistik der Daten zum ISS.....	xviii
Tabelle 25: Normalverteilungstests bezüglich der Daten zum ISS.....	xix
Tabelle 26: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschiede bezüglich des ISS (Rangsummen).....	xix
Tabelle 27: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschiede bezüglich des ISS	xix
Tabelle 28: Kreuztabelle der Anzahl der beatmungspflichtigen PatientInnen.....	xx
Tabelle 29: Statistische Tests zur Analyse der Anzahl der beatmungspflichtigen Pa- tientInnen.....	xx

Tabelle 30: Kreuztabelle zur Anzahl der PatientInnen, bei denen Thoraxdrainagen gelegt wurden.....	xxi
Tabelle 31: Statistische Tests zur Anzahl der PatientInnen, bei denen Thoraxdrainagen gelegt wurden.....	xxi
Tabelle 32: Kreuztabelle zur Letalität.....	xxii
Tabelle 33: Statistische Tests zur Letalität.....	xxii
Tabelle 34: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Rippenfrakturen und Beatmungspflicht.....	xxiii
Tabelle 35: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Rippenfrakturen und Letalität.....	xxiii

1 Einleitung

1.1 Allgemeines und Zielsetzung

Aktuelle Studien, welche Daten zu stumpfen Thoraxtraumen und/oder Lungenkontusionen bei Minderjährigen analysieren, sind spärlich. Der Vergleich der vorhandenen Literatur ist dabei oft mit der Einschränkung von Unterschieden des Studiendesigns und/oder der PatientInnenkollektive zu betrachten. Eine Arbeit, welche Daten zum Thema an ein und derselben Klinik über die Zeit vergleichend darstellt, fehlt gänzlich. Diese Diplomarbeit ist mit der Zielsetzung entstanden, den aktuellen wissenschaftlichen Stand zum Thema darzustellen und aktuelle Daten an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz aufzuarbeiten. Es besteht an der hiesigen Klinik zu diesem Fachbereich eine besondere Expertise, in Anbetracht der vorhergehenden Publikation zum Thema von Haxhija et al.. Es ist darauf geachtet worden, den Aufbau dieser aktuellen Studie möglichst vergleichbar zu halten, um so die Möglichkeit zu schaffen eine Gegenüberstellung der Daten dieser Arbeit mit den bereits publizierten anstellen zu können.

1.2 Epidemiologie

1.2.1 Ätiologie

Lungenkontusionen werden durch Thoraxtraumen verursacht. Ursächlich kommen ein stumpfer Aufprall, Thoraxkompressionen [1], starke Akzelerations- und Dezele-rationsvorgängen [2], penetrierende Traumata von sehr hoher Geschwindigkeit [3,4] oder Explosionen [5] in Frage. Kraftfahrzeug-assoziierte Unfälle und Sturzge-schehen aus der Höhe sind die im zivilen Bereich typischen Mechanismen, die zu Lungenkontusionen führen [6]. Bei Kindern ist als Unfallhergang die Verwicklung in einen KFZ-assoziierten Unfall als Passagier oder Fußgänger besonders häufig [7–10].

1.2.2 Inzidenz

Lungenkontusionen sind die häufigsten thorakalen Verletzungen bei Kindern und Jugendlichen [11]. Thoraxtraumen machen 1,3 – 8,1 Prozent aller Traumafälle des Kindes- und Jugendalters aus [12–16]. Davon sind 41 - 97,9 Prozent stumpfe Tho-raxtraumen [8,9,17–19]. Hiervon gehen wiederum 37 - 78 Prozent mit Lungenkon-tusionen einher [8,10,15,16,20,21].

1.2.3 Letalität / Outcome

Traumata sind die in Österreich häufigste Todesursache im Alter zwischen 10 und 19 Jahren und die dritthäufigste zwischen 1 und 9 Jahren [22]. Thorakale Verletzungen sind im Rahmen stumpfer Thoraxverletzungen die zweithäufigste Todesursache nach Begleitverletzungen des Kopfes [13]. Beachtenswert ist, dass die meisten Tode, welche mit Thoraxverletzungen einhergehen, noch am Unfallort oder am Weg zum Krankenhaus eintreten [23] und somit nur durch präventive Maßnahmen, verbesserte Sicherheitsvorkehrungen und Optimierungen im Rettungswesen verringert werden können.

Die Angaben zu Letalität und Outcome bei stumpfem Thoraxtrauma und bei Lungenkontusionen differieren relativ stark zwischen den einzelnen Studien zum Thema. Die Letalität für Kinder und Jugendliche mit stumpfem Thoraxtrauma bewegt sich zwischen 4,9 bis 25 Prozent [19,21,24,25], für Kinder und Jugendliche mit Lungenkontusion zwischen 12 und 34 Prozent [7,14,26,27]. Die Letalität von Kindern und Jugendlichen im Alter unter 15 Jahren mit Thoraxtrauma ist im Vergleich zu denjenigen, welche ein Trauma ohne Thoraxbeteiligung erleiden, beinahe 20-fach erhöht [14].

Betrachtet man diese Zahlen, so ist zu beachten, dass hier nicht rein der Prozentsatz der an diesen Entitäten gestorbenen PatientInnen angegeben ist, sondern auch PatientInnen inkludiert sind, die an Begleitverletzungen gestorben sind. Stumpfe Thoraxverletzungen und Lungenkontusionen treten oft im Rahmen von Polytraumata auf (siehe hierzu Kapitel 1.2.6). BT Smyth konnte zeigen, dass die Letalität nach Thoraxtraumen mit der Anzahl der verletzten extrathorakalen Organe zunimmt, und zwar auf bis zu 100% bei vier betroffenen extrathorakalen Systemen [28]. Hoff et al. haben PatientInnen mit isolierten Lungenkontusionen im Alter von 16-49 Jahren untersucht und stellten fest, dass unter denjenigen kein einziger Todesfall zu beklagen war [29]. Allen et al. zeigten eine Letalität bei isolierten Lungenkontusionen ohne extrathorakalen Verletzungen von 1.8% bei Erwachsenen und 0% bei Kindern [7]. Wie auch immer, diese Zahlen widerlegen nicht, dass die Entität an sich für das Management von Mehrfachverletzten eine

wichtige Rolle spielt. Anhand der durch Lungenkontusionen ausgelösten immunologischen beziehungsweise inflammatorischen Vorgänge könnten diese selbst ohne Komplikationen kardiorespiratorischen Ursprungs zur Gesamtmorbidität und Letalität beitragen. Weiteres zu diesem Thema ist in Kapitel 1.3 aufgeführt.

1.2.4 Langzeitoutcome

Für Patientinnen und Patienten unter einem Alter von 60 Jahren wurden auch vier Jahre nach dem Trauma zum einen noch messbare negative Beeinflussungen von respiratorischen Kenngrößen und zum anderen auch radiologisch sichtbare fibro-sierte Areale im Bereich der ehemaligen Lungenkontusion festgestellt. Die respiratorischen Einbußen waren bei Messungen in Rückenlage deutlicher ersichtlich [30]. Dahingegen zeigen sich keine relevanten anhaltenden respiratorischen Defizite in Folge von Lungenkontusionen bei minderjährigen Patientinnen und Patienten bis zu einem Alter von siebzehn Jahren [26].

1.2.5 Relevante Besonderheiten des Kindes- und Jugendalters

Es bestehen einige Faktoren, welche beim Vergleich von Kindern und Jugendlichen mit Erwachsenen im Bezug auf Hergang, Schwere, Verlauf und Outcome von Lungenkontusionen beachtenswert sind. So ist es allgemein bekannt, dass sich die beiden Gruppen nicht nur in der Anatomie, sondern auch in der Physiologie und den Verhaltensmustern unterscheiden. Die höhere Elastizität des kindlichen Thorax bedingt wahrscheinlich, dass bei Kindern intrathorakale Verletzungen ohne Beteiligung des äußeren Skeletts häufig vorkommen [31,32]. Darauf sollte bei der Befundauswertung und Risikoabschätzung seitens des Arztes Rücksicht genommen werden. Weiters haben Kinder eine höhere kardiovaskuläre Kompensationsfähigkeit bei Blut- bzw. Flüssigkeitsverlust. Es werden Kompensationen bis zu 40% Blutverlust beschrieben [33]. Es könnte sein, dass somit auch kardiorespiratorische Pathologien, wie etwa ein erhöhter pulmonalarterieller Widerstand, von Seiten des Herzkreislaufsystems besser toleriert werden. Studien hierzu sind mir jedoch nicht bekannt.

Diesem physiologischen Vorteil steht jedoch im Vergleich zu erwachsenen PatientInnen eine niedrigere respiratorische Reserve gegenüber [34]. Bei Kindern kommt es im Rahmen einer Lungenkontusion auch häufiger zu zusätzlichen Verletzungen mehrerer extrathorakaler Körperregionen. Dahingegen erleiden Erwachsene wiederum eher multiple Verletzungen des Thorax und entwickeln häufiger ein ARDS in Folge einer Lungenkontusion [7].

1.2.6 Internationaler Vergleich und geographische Einflussfaktoren

Aufgrund der spärlichen aktuellen Literatur und der nur eingeschränkt möglichen Vergleichbarkeit derer sowie der Vielzahl der zu berücksichtigenden Ko-Faktoren gestaltet sich ein internationaler Vergleich als schwierig, will man möglichst nur den Einfluss der geographischen Lage vergleichen. Eine Eruiierung und übergreifende Einigung auf Empfehlungen zum Studiendesign und die Verwendung von einheitlichen Messparametern könnte hier Abhilfe schaffen und wäre wünschenswert. Insbesondere eine somit höhere Vergleichbarkeit der Inzidenzraten, der Unfallhergänge und des Outcomes zwischen Staaten ließe sehr wahrscheinlich vertrauenswürdigeren Aussagen zur Verbesserung von Prävention und Therapie zu. Gesagt werden kann jedoch, dass die Ergebnisse von neueren Studien zum Thema durch teilweise unterschiedliche Ergebnisse eine relevante Abhängigkeit von der geographischen Lage möglich erscheinen lassen (vergleiche hierzu die Ergebnisse von [9,10,15,16,21]).

Bezüglich des Unterschiedes zwischen städtischen und ländlichen Gebieten konstatierten DeMuth und Smith in ihrer Arbeit von 1965, dass viele städtische Lehrkrankenhäuser nicht in der Nähe von Hochgeschwindigkeitsautobahnen liegen würden, diese dadurch Schwerverletzte in Folge schwerer Autounfälle seltener zugewiesen bekämen und somit letztendlich viele dieser Fälle in der medizinischen Literatur nicht aufscheinen würden. Auch andere Ursachen für Lungenkontusionen würden im ländlichen Gebiet häufiger auftreten [3].

Es ist möglich, dass es durch den im internationalen Vergleich unterschiedlich häufigen Gebrauch von Waffen oder durch eine unterschiedlich hohe Kriminalitätsrate zu abweichenden Verteilungen zwischen penetrierenden und stumpfen Thoraxtraumen kommt und dadurch auch zu differierenden Kennzahlen bezüglich der Lungenkontusionen.

1.2.7 Assoziierte Erkrankungen, Verletzungen und Komplikationen

Das Vorliegen von Lungenkontusionen im Kindes- und Jugendalter geht in einem großen Anteil der Fälle mit diversen Begleitverletzungen einher [35]. Für die eher selten vorkommenden isolierten Lungenkontusionen konnte kein Einfluss auf die Letalität gezeigt werden [7]. Unter Berücksichtigung der unter 1.2.3 geschilderten Zahlen zur Letalität lässt sich daraus schließen, dass nicht die Lungenkontusionen, sondern viel mehr die assoziierten Verletzungen für die meisten Todesfälle verantwortlich sein müssen. Es ist also ratsam, Lungenkontusionen immer im Kontext des Gesamttraumas zu betrachten. Intrathorakale Begleitverletzungen sind bei Vorliegen einer Lungenkontusion im Alter von 4 bis 75 Jahren in 78%, extrathorakale in 92% beschrieben worden [36]. Haxhija et al. fanden in 39 von 41 Kindern und Jugendlichen mit stumpfem Thoraxtrauma extrathorakale Begleitverletzungen [26].

Von den mit Lungenkontusionen assoziierten thorakalen Begleitverletzungen sind bei Kindern, Jugendlichen sowie bei Erwachsenen Rippenfrakturen am häufigsten, wobei diese bei Kindern und Jugendlichen bei einem kleineren Anteil zu beobachten sind als bei Erwachsenen [7]. Das Vorhandensein von Rippenfrakturen im Rahmen eines thorakalen Traumas bei PatientInnen unter 14 Jahren ist laut den Ergebnissen von Garcia et al. mit einer außerordentlich erhöhten Letalität (2,1% vs. 42 %) assoziiert [12]. Die Vermutung liegt nahe, dass eine Assoziation zwischen Rippenfrakturen und Letalität auch für Kinder und Jugendliche bis zum Alter von 18 Jahren bestehen könnte. Hierzu fehlen jedoch wissenschaftliche Belege. Jener Frage widmet sich unter anderem diese Arbeit.

Verletzungen des Gehirns sind die häufigsten extrathorakalen Begleitverletzungen bei Lungenkontusion. Dies trifft sowohl für Minderjährige als auch für Erwachsene zu [7]. Das gleichzeitige Vorhandensein von Verletzungen des Kopfes und des Thorax ist im Vergleich zu anderen Kombinationen zweier Organsysteme mit thorakaler Beteiligung mit der höchsten Mortalität (35%) verbunden [14].

Zur Entwicklung von Pneumonien als Komplikation im Rahmen von Lungenkontusionen gibt es widersprüchliche Angaben in der Literatur. Hoff et al. berichten bei 94 PatientInnen mit isolierten Lungenkontusionen vom Auftreten einer Pneumonie in nur zwei Fällen [29]. Dahingegen entwickelten laut der Publikation von Allen et al. 9 von 41 Kindern und Jugendlichen eine Pneumonie [7].

1.3 Pathophysiologie

Den unter Kapitel 1.2.1 beschriebenen ätiologischen Faktoren liegen mehrere physikalische Vorgänge zugrunde, welche zur Entstehung von Lungenkontusionen beitragen. Scherkräfte [37] und im Rahmen von Schockwellen entstehende Zerberstungs¹- und Implosionsvorgänge lösen die primäre Schädigung der Lunge aus [38].

Es entsteht ein interstiellies und intraalveoläres Hämatom, gefolgt von Ödembildung [32,39]. Im weiteren Verlauf kann es zu Atelektasen [39], einem Perfusions-Ventilations-Missverhältnis, einer reduzierten pulmonalen Compliance [33], zu Shuntbildung sowie einer Erhöhung des pulmonalarteriellen Widerstandes kommen [40]. Auf den klinischen Verlauf und die Symptome wird in Kapitel 1.4 eingegangen.

Es kommt sowohl zu einer lokalen Entzündungsreaktion mit dem Vorherrschen neutrophiler Granulozyten [39], als auch zu einer Beeinträchtigung von systemisch immunologischen Prozessen [41]. Hoth et al. konnten bei einem Mausmodell zeigen, dass die hohe lokale Anzahl der neutrophilen Granulozyten und die durch sie produzierten Oxidanzien mit einer reduzierten Lungenfunktion in Verbindung stehen dürfte [42]. Neutropenische Ratten wiesen im Vergleich zu Ratten ohne Neutropenie nach experimenteller Lungenkontusion ein höheres totales Lungenvolumen auf [39]. In weiteren Tiermodellen gelang nach Herbeiführung einer Lungenkontusion der lokale und systemische Nachweis des Anstieges von proinflammatorischen Mediatoren [41,43] und Markern der Gerinnungsaktivität [41]. Es gibt auch Hinweise darauf, dass es in Folge von Lungenkontusionen zu einer übersteigerten Immunantwort bei darauffolgenden Abwehrprozessen kommt [44] und die Funktion von Makrophagen, Monozyten und Splenozyten eingeschränkt ist [45]. Obertacke et al. zeigten am Schwein bei einseitiger Lungenkontusion auch in der kontralate-

¹ Im Englischen „spallation“. Die korrekte Übersetzung wäre „Absplitterung“, es wurde hier mit „Zerberstung“ übersetzt, um die Vorgänge im Lungengewebe verständlicher darzustellen.

ralen Lunge eine Funktionsstörung des Surfactant und eine gesteigerte Leukozytensequestrierung [41].

1.4 Diagnostik

„Pulmonary contusion should be anticipated in any patient who sustains significant, high-energy blunt chest impact.“ [37]

„Suspicion of its presence is the greatest aid in diagnosis“ [3]

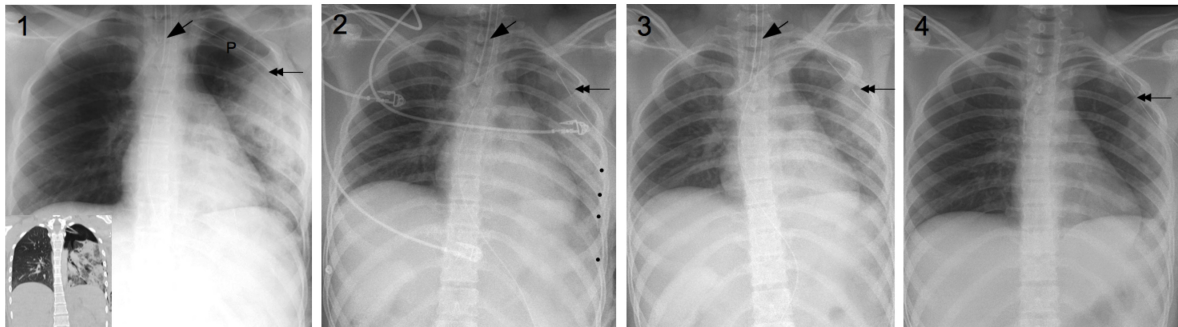


Abbildung 1:Verlaufsdarstellung. Patient mit Lungenkontusion, Pneumothorax und Rippenserienfraktur links.

(1) frühes Röntgenbild und CT-Schnittbild (2) Thoraxröntgen 6,5 Stunden nach Trauma (3) Thoraxröntgen 16 Stunden nach Trauma. (4) Thoraxröntgen 11 Tage nach Trauma.

Beachtenswert ist die leichte Zunahme der Verschattung zwischen (2) und (3). Bei Lungenkontusionen können die radiologischen Zeichen bis zu 72 Stunden nach dem Trauma zunehmen – siehe Text.

P = Pneumothorax

Einfacher Pfeil = Tubus

Doppelpfeil = Thoraxdrainage

Punkte = Rippenfrakturen - nur in (2) markiert, da hier am besten sichtbar

Das Wissen über die typischen Unfallhergänge, welche zu Lungenkontusionen führen [46], die physikalische Untersuchung des Thorax sowie die Anfertigung eines Thorax-Röntgens bilden die Grundlage zur Erkennung von Lungenkontusionen [47]. Die mögliche klinische Präsentation reicht von Dyspnoe, Tachypnoe, Haemoptysen [48,49], leichtem Fieber und Bronchorrhoe bis hin zur akuten respiratorischen Insuffizienz. Symptome können jedoch in bis zu der Hälfte der PatientInnen auch gänzlich fehlen [49].

PatientInnen mit einem GCS von 15, bei denen sich ein unauffälliges Auskultationsergebnis der Lungen, ein Fehlen eines erniedrigten systolischen Blutdrucks, keine Tachypnoe und keine weiterer Auffälligkeiten bei der physikalischen Untersuchung des Thorax zeigten, hatten in nur 3 von 359 Fällen eine thorakale Verletzung nach stumpfem Trauma [16]. Ergo lagen auch nur in maximal 3 Fällen Lungenkontusionen vor. Das Wissen über diesen Sachverhalt kann also auch zur gezielten Untersuchung bei Verdacht auf Lungenkontusion herangezogen werden.

Es hat sich gezeigt, dass nur ein Teil der Lungenkontusionen auf den initial erstellten Thoraxröntgen sichtbar ist [29] und diese oft erst 6 Stunden nach dem Trauma auf konventionellen Röntgenbildern sichtbar werden [50]. Die größte Ausprägung der radiologischen Zeichen von Lungenkontusionen sind 24 bis 72 Stunden nach dem Trauma zu sehen [49]. Der radiologische Befund kann sich bei nacheinander aufgenommenen Röntgenbildern schnell verändern [51]. Die typischen Lokalisationen der Läsionen befindet sich in den posterioren und posteromedialen Bereichen der Lungen [52]. Dabei orientieren sie sich in ihrer Ausdehnung nicht an den Lungensegmenten [53,54].

Auch wenn die Computertomographie in der Diagnostik von Lungenkontusionen eine höhere Sensitivität aufweist als ein herkömmliches Thoraxröntgen (100% vs 37,5 %) [55], so scheinen die ausschließlich per CT diagnostizierbaren Kontusionen kaum Auswirkungen auf den klinischen Verlauf und das Outcome der PatientInnen zu haben [56,57]. CT-Untersuchungen können jedoch hilfreich dabei sein, das Ausmaß der Läsionen zu bestimmen und die Notwendigkeit einer künstlichen Beatmung bei Vorliegen einer Lungenkontusion vorherzusagen [58]. Gemäß den Ergebnissen einer 1989 publizierten Studie benötigte kein einziger Patient bezie-

hungsweise keine einzige Patientin bei einem Gesamtkonsolidierungsareal unter 18 Prozent der luftgefüllten Lungenanteile eine künstliche Beatmung. Dahingegen war diese jedoch bei allen PatientInnen nötig, bei denen sich ein betroffenes Areal über 28 Prozent zeigte [59]. In dieser Studie ist die Abgrenzung zwischen Lungenkontusionen und -lazerationen jedoch nicht klar erkennbar, so dass die Relevanz dieser Ergebnisse für reine Lungenkontusionen kritisch zu hinterfragen ist.

Bei einer Studie, welche die Anwendbarkeit der Sonographie bei der Diagnostik von Lungenkontusionen zum Thema hatte, zeigte sich eine Sensitivität von 94,6 % und eine Spezifität von 96,1 % im Vergleich zu den ebenso durchgeführten CT-Untersuchungen. Das herkömmliche Thoraxröntgen zeigte nur eine Sensitivität von 27 % bei einer Spezifität von 100 % [60]. Somit bestünde bei der Diagnostik und der Verlaufskontrolle von Lungenkontusionen grundsätzlich die Möglichkeit, die Strahlenbelastung durch die soweit als bedenkenlos geltenden Ultraschallverfahren zu reduzieren.

1.5 Therapie

Die Therapie von stumpfen Thoraxtraumen beginnt bereits mit der Atemwegssicherung und der adjuvanten Gabe von Sauerstoff [6]. Die PatientInnen sollten engmaschig überwacht werden, wobei nach dem initialen Thoraxröntgen jeweils 6 und 24 Stunden nach dem Trauma Kontrollaufnahmen angefertigt werden sollten [61]. Die klinische Präsentation kann sich 24 - 48 Stunden lang kontinuierlich verschlechtern [62–64].

Sollte eine Beatmung notwendig sein, so empfiehlt es sich bei ausreichender Kooperationsfähigkeit seitens der PatientInnen und dem Fehlen von Kontraindikationen mit einer nicht-invasiven Beatmungsform zu beginnen. Thorsten Richter und Maximilian Ragaller kamen in Zusammenschau der Literatur zu dem Schluss, es sollte bei der Beatmung nach Thoraxtraumen auf möglichst niedrige Tidalvolumina, eine niedrige inspiratorische Sauerstofffraktion, einen adäquaten PEEP und einen Plateaudruck unter 28 cmH₂O geachtet werden, wobei bei einem pH über 7,2 auch erhöhte CO₂-Konzentrationen in Kauf genommen werden können, mit Ausnahme der PatientInnen mit erhöhten intrakraniellen Druckverhältnissen [65]. Ihre Angaben sind jedoch nicht auf Kinder und Jugendliche optimiert.

Durch die Anwendung des Open Lung Concept nach Lachmann bei PatientInnen, die die Polytraumadefinition nach dem ISS erfüllen und schwere thorakale Begleitverletzungen aufweisen, kann die Oxygenierung bei Auftreten eines akuten Lungenversagens oder eines ARDS innerhalb eines kurzen Zeitintervalls verbessert werden [66].

Bei unter herkömmlichen Beatmungsstrategien unkontrollierbaren Oxygenierungsstörungen kann sich die Anwendung der extrakorporalen Membranoxygenierung als lebensrettende Maßnahme erweisen [67], die auch bei Kindern erfolgreich angewendet werden kann [68]. Die Gabe von niedrig dosiertem, inhalierbarem NO kann die Oxygenierung kurzfristig steigern, doch zeigt sich kein Einfluss auf die Beatmungsdauer oder die Mortalität [69].

Mittels Bauchlagerung kann einer Hypoxie entgegengewirkt werden [70]. Eine einseitige Lagerung des Patienten / der Patientin, bei der die verletzte Thoraxseite nach unten zu liegen kommt, kann bei einseitigen Traumen initial von Vorteil sein, um ein Einbluten in die gesunde Lunge zu vermeiden, wohingegen eine Lagerung mit der gesunden Thoraxhälfte nach unten das Ventilations/Perfusionsverhältnis und somit die Oxygenierung verbessern kann [6]. Die letztgenannte Position ist logischerweise nur dann sinnvoll, wenn keine Gefahr eines Übertritts größerer Mengen Blut in die gesunde Lunge besteht.

Tierversuche zeigten erste Hinweise darauf, dass sich N-Acetylcystein [71], Arginin Vasopressin [72], aerosolisiertes Surfactant [73] und Salidroside [74] als möglicherweise hilfreiche Therapieoptionen erweisen könnten. Die zwei letztgenannten Arbeiten beziehen sich jedoch nicht direkt auf Lungenkontusionen, sondern auf PatientInnen mit ALI – dem „acute lung injury“.

Ebenso bezogen auf PatientInnen mit ALI, konnte für die endotracheale Instillation des Surfactant-Präparates „Calfactant“ eine Verbesserung der Oxygenierung und eine niedrigere Letalität bei betroffenen Kindern und Jugendlichen gezeigt werden [75].

2 Material und Methoden

2.1 Allgemeine Bemerkungen

Ein Teil dieser Studie beschäftigt sich mit dem Vergleich der aktuellen Daten des Zeitraumes der Jahre 2001 – 2011 (im Folgenden Zeitraum B genannt – 11 Jahre) mit bereits an der hiesigen Klinik erhobenen und von Haxhija et al. publizierten Daten aus dem Zeitraum der Jahre 1986 – 2000 (im Folgenden Zeitraum A genannt – 15 Jahre). Wird kein Zeitraum genannt, so ist Zeitraum B gemeint.

Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit einem „explorativen“ Ansatz. Es werden daher mehrere statistische Tests durchgeführt, wobei jedoch mit keiner Variablen mehrfach getestet wurde. Daher erfolgte auch keine Adjustierung der p-Werte. Für das Signifikanzniveau α wird der Wert 0,05 angenommen.

2.2 PatientInnenkollektiv

Es wurden alle Patientinnen und Patienten in die Studie eingeschlossen, welche zwischen dem Jahr 2001 und dem Jahr 2011 an der Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz behandelt wurden und im Rahmen ihres Aufenthalts die Diagnose Lungenkontusion gestellt bekamen. Ausschlusskriterien waren ein Alter über 18 Jahren sowie ein im Rahmen des gleichen Verletzungshergangs erlittenes, penetrierendes Thoraxtrauma. Keine PatientInnen mit Lungenkontusion innerhalb dieses Zeitraumes erlitten penetrierende Thoraxtraumen. Es erfüllten insgesamt 92 PatientInnen die Einschlusskriterien. Davon war eine Patientin über 18 Jahre alt, sodass insgesamt 91 Kinder und Jugendliche in dieser Studie erfasst werden.

2.3 Fragestellungen

- I. **Unterscheiden sich die an der Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz wegen Lungenkontusionen behandelten PatientInnenkollektive der Zeiträume A (1986 – 2000) und B (2001 – 2011) voneinander?**

Hauptparameter:

Gibt es erkennbare Unterschiede in der Altersverteilung, der Geschlechtsverteilung, der Schwere des Gesamttraumas, der Dauer des stationären Gesamtaufenthaltes und der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation? Gibt es Unterschiede bei dem Anteil der beatmungspflichtigen PatientInnen? Wie viele Pleuradrainagen wurden gelegt? Unterscheiden sich die PatientInnenkollektive der Zeiträume bezüglich der Letalität?

Nebenparameter (ohne induktiv-statistische Analyse):

Wie groß ist die Anzahl der PatientInnen mit Rippenfrakturen und die Anzahl derer mit Pneumo-, Hämato- und Hämato-pneumothoraces? Wie groß ist der Anteil der PatientInnen mit extrathorakalen Verletzungen?

- II. **Durch welche Hergänge wurden die Lungenkontusionen verursacht?**
- III. **Gibt es Hinweise darauf, dass die Anzahl der Rippenfrakturen der jeweiligen PatientInnen mit der Notwendigkeit einer künstlichen Beatmung und/oder der Letalität im Rahmen des Traumas positiv korreliert?**

Die Fragestellungen II und III beziehen sich ausschließlich auf den Zeitraum 2001 – 2011.

2.4 Datenerhebung

Wichtige Anmerkung: Die Daten zum Zeitraum 1986 – 2000 wurden nicht von mir, sondern von Priv.-Doz. Dr. Emir Haxhija und seinem Team für die unten genannte Publikation erhoben und mir freundlicherweise für vergleichende Analysen zur Verfügung gestellt.

Haxhija EQ, Nöres H, Schober P, Höllwarth ME (2004) Lung contusion-lacerations after blunt thoracic trauma in children. Pediatric Surgery International 20:412–414

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurden die Daten von Interesse (siehe unten) mittels der lokalen Datenbank erhoben. Hierzu wurden mittels des Krankenhausinformationssystems openMEDOCS die Aufnahme- und Unfallbögen, Arztbriefe, Dekurse, Ambulanzblätter, Intensivdokumentationen sowie die dokumentierte Leistungen herangezogen. Die so gewonnen Datensätze wurden mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogrammes Microsoft EXCEL® gespeichert. Variablentransformationen, einfache Auswertungen und Berechnungen wurden ebenfalls mit diesem Programm ausgeführt.

Erhobene Daten:

- Geburtsdatum
- Geschlecht
- Anamnese
- Unfallzeitpunkt
- Aufnahmezeitpunkt, Verlegungszeitpunkte und Entlassungszeitpunkt
- Beatmungspflicht(Ja/Nein)
- Alle im Rahmen des Aufenthaltes gestellten Diagnosen
- Angewandte Therapiemodalitäten

2.5 Datenschutz

Zum Zweck des Datenschutzes wurden alle PatientInnendaten mittels einer Zahlenkodierung anonymisiert sowie zusätzlich dazu all diejenigen digitalen Dateien passwortgeschützt, in welchen erhobene Daten gespeichert wurden.

2.6 Auswertung

Die in 2.4 erwähnten Basisdaten wurden zur weiteren Auswertung zum Teil konvertiert und/oder für die Erstellung und/oder Berechnung weiterer Variablen herangezogen. Die Variablen, mit denen die Analysen durchgeführt wurden, sind im Folgenden dargestellt:

- Geschlecht
- Alter beim Zeitpunkt des Traumas
- Traumahergang
- Dauer stationären Aufenthaltes
- Dauer des Aufenthaltes auf einer Intensivstation
- Beatmungspflicht (Ja/Nein)
- Alle während des Aufenthaltes gestellten Diagnosen in den Gruppen „Schädel/Gehirn“, „Lunge“, „Abdomen“, „Knöcherner Verletzungen mit Ausnahme Schädel“ und „Anderweitige Verletzungen“
- Anzahl der gelegten Thoraxdrainagen
- AIS – Abbreviated Injury Scale
- ISS - Injury Severity Score
- Exitus letalis (Ja/Nein)

Zur Differenzierung nach dem Traumahergang wurden die Kinder und Jugendlichen in folgende Gruppen unterteilt:

- Passagiere in einem zweispurigem KFZ
- MopedfahrerInnen
- FußgängerInnen
- FahrradfahrerInnen im Straßenverkehr
- Fall aus der Höhe
- Sportunfall
- Andere Hergänge

Die statistische Auswertung und die Erstellung der Diagramme wurden mit dem Programm IBM SPSS Statistics® der Firma IBM Corp.© in der Version 20 durchgeführt. Zur induktiven Analyse der metrischen Variablen auf Unterschiede zwischen den Zeiträumen wurde der Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test verwendet, da die Stichproben unverbunden sind, die Verteilung dieser Variablen in keinem Fall einer Normalverteilung entspricht und sich dies auch nach einem Logarithmieren der jeweiligen Datensätze nicht ändert. Zum Vergleich der dichotomen Variablen zwischen den Zeiträumen wurde der Chi-Quadrat-Vierfeldertest verwendet, mit Ausnahme der 2x2-Kontingenztafeln, bei denen eine Zelle einen Erwartungswert kleiner fünf angenommen hat. Hier wurde der Exakte Test nach Fisher angewandt.

2.6.1 Abbreviated Injury Scale / Injury Severity Score

Zur Klassifizierung der Schwere des Gesamttraumas wird in dieser Arbeit der Injury Severity Score (ISS) verwendet. Um diesen berechnen zu können, müssen zuerst die Werte für den Abbreviated Injury Scale (AIS) der stattgehabten Verletzungen erhoben werden. Mittels des AIS ist es möglich, Verletzungen körperregionsspezifisch nach der Schwere zu klassifizieren. Dabei werden Werte zwischen 0 (keine Verletzung) und 6 (schwerste Verletzung) zugewiesen. Nicht zuordenbare Verletzungen werden mit der Ziffer 9 kodiert [76]. Zur Berechnung des ISS werden die jeweils höchsten AIS-Werte der drei am schwersten verletzten Körperregionen quadriert und anschließend addiert. Die Körperregionen, die für den ISS herangezogen werden, sind: Kopf/Nacken, Gesicht, Brustkorb, Abdomen/Beckeneingeweide, Extremitäten/Beckengürtel und „External“ - also Verletzungen der Haut und Unterhaut. Der Maximalwert für den ISS beträgt 75. Bei Vorliegen eines AIS-Wertes von 6, wird für den ISS automatisch der Wert 75 angenommen [77].

Der AIS wurde nach dem AIS80 – Standard erhoben, da dieser auch von Haxhija et al. für den Zeitraum 1986 – 2000 benutzt wurde. Davon ausgehend wurde der ISS errechnet. So konnte eine optimale Vergleichbarkeit der Verletzungsschwere über die Zeiträume gewährleistet werden.

Zur Kodierung nach dem AIS wurde folgende Publikation verwendet:

Greenspan L, McLellan BA, Greig H (1985) Abbreviated Injury Scale and Injury Severity Score: a scoring chart. J Trauma 25:60–64

Anmerkung:

Ursprünglich war für die bessere Vergleichbarkeit mit aktuellen und zukünftigen Arbeiten vorgesehen auch den AIS nach dem Standard „AIS 2005 Update 2008“ zu erheben und anhand dessen den ISS nochmals zu berechnen. Da jedoch nach meinem heutigen Kenntnisstand (19.01.2013) keine einzige österreichische Bibliothek ein Codebook zur Kodierung nach diesem Standard verleiht und es auch keine praktischen Guidelines in Form einer wissenschaftlichen Publikation gibt, wur-

de von diesem Vorhaben aufgrund des damit verbundenen hohen zeitlichen und finanziellen Aufwands abgesehen.

2.7 Anmerkung zu den Grafiken

Stetige und ordinalskalierte Merkmale werden mittels Boxplotdiagramm und Histogrammen dargestellt, um den Vergleich der Ergebnisse über die Zeiträume anschaulich darzustellen. Entsprechend der Definition eines Boxplots zeigen die Linien außerhalb der Box die Spannweite mit Ausnahme der Ausreißer, wobei die Box selbst zwischen der 25%- und der 75%-Quantile dargestellt ist. Die Linie innerhalb der Box stellt den Median dar. Ausreißer-Werte werden als Punkt weiter außen angezeigt, wobei ihr Wert nur als Zahl angeführt ist, um das Diagramm nicht unnötig zu verzerren. Die jeweiligen Mittelwerte sind als unterbrochene Linien gezeichnet. Der Mittelwert für den Zeitraum 1986 – 2000 ist grau, der für den Zeitraum 2001 – 2011 ist violett gezeichnet.

Die Balkenbreite der Histogramme ist in der jeweiligen Abbildungsbeschreibung angeführt.

3 Ergebnisse – Resultate

3.1 Fragestellung I

3.1.1 Anzahl der Fälle

Die Anzahl der PatientInnen mit Lungenkontusion im Rahmen stumpfer Thoraxtraumata lag bei durchschnittlich 8,27 pro Jahr und war damit über drei Mal so hoch wie die des vorangegangenen Zeitraumes, in dem nur durchschnittlich 2,7 PatientInnen pro Jahr zu beobachten waren (Abb. 2). Es zeigt sich ein starker Anstieg der Zahlen zwischen 1997 und 1998 von 2 auf 8 PatientInnen. Bis 2011 hält sich die Anzahl der PatientInnen pro Jahr relativ stabil. Als Ausreißer besonders erwähnenswert sind das Jahr 2000 mit nur 4 PatientInnen, das Jahr 2005 mit 14 und das Jahr 2007 mit 15 PatientInnen. Alleine in den stärksten Jahren 2005 – 2008 wurde eine größere Anzahl an Lungenkontusionen im Rahmen stumpfer Thoraxtraumen festgestellt als im 15 Jahre umfassenden Vergleichszeitraum 1986 – 2000 (Abb. 3).

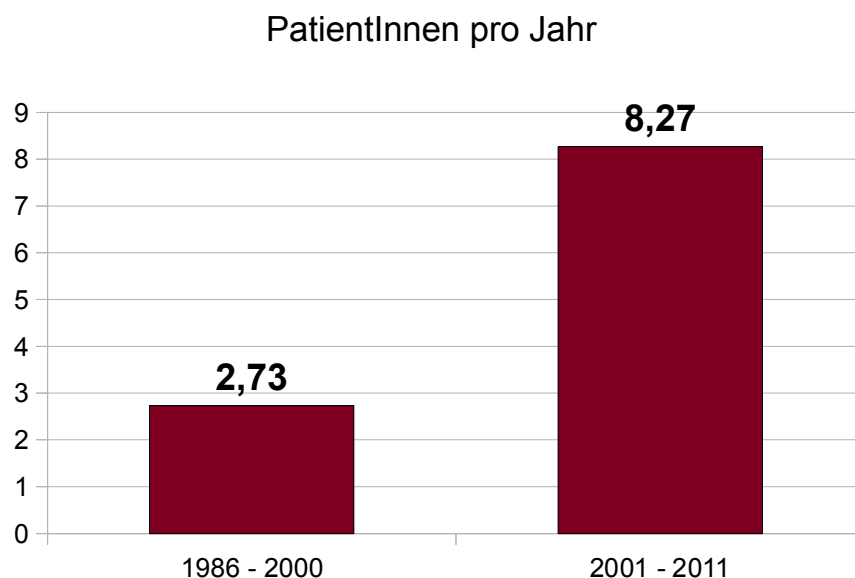


Abbildung 2: Balkendiagramm – Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der durchschnittlichen Anzahl der PatientInnen mit Lungenkontusion pro Jahr

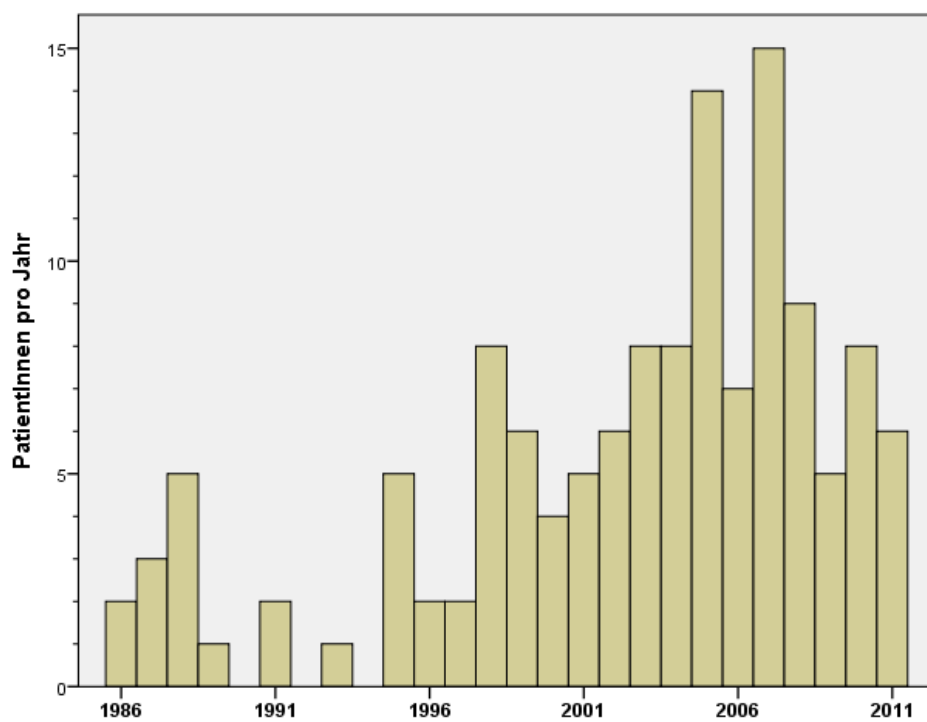


Abbildung 3: Histogramm - Anzahl der PatientInnen mit Lungenkontusion pro Jahr. Balkenbreite = 1 Jahr. $n=132$

3.1.2 Geschlechtsverteilung

70,3 Prozent der Kinder und Jugendlichen waren männlich, 29,7 Prozent waren weiblich. 1986 – 2000 war die Verteilung der Geschlechter unter den PatientInnen mit 56,1 zu 43,9 noch ausgewogener (Abb. 4). Die absoluten Zahlen sind in Tabelle 1 dargestellt.

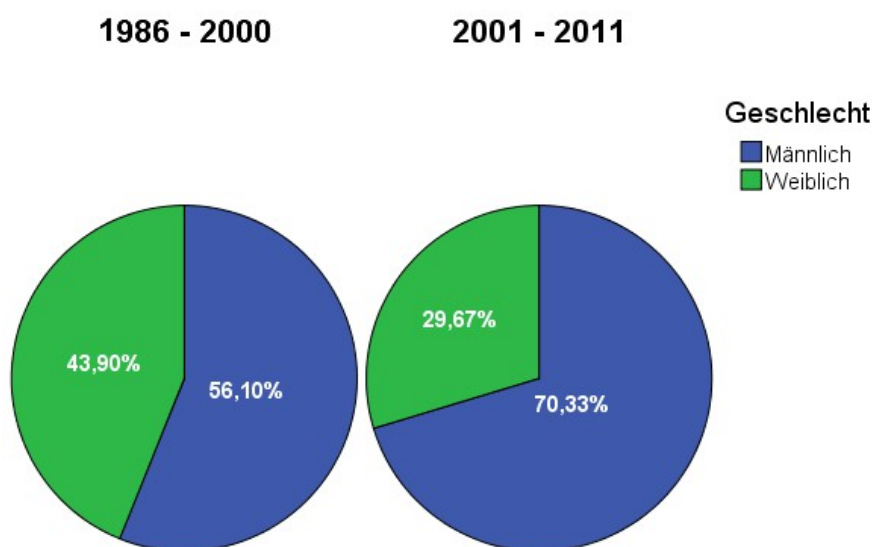


Abbildung 4: Kreisdiagramm - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der Geschlechtsverteilung der PatientInnen mit Lungenkontusion

Gruppe * Geschlecht Kreuztabelle

Anzahl	Geschlecht		Gesamt
	Männlich	Weiblich	
Gruppe 1986 - 2000	23	18	41
2001 - 2011	64	27	91
Gesamt	87	45	132

Tabelle 1: Kreuztabelle zur Geschlechtsverteilung

Der Chi-Quadrat-Test lieferte einen p-Wert von 0,11 und unterstützt somit die These nicht, es gäbe hier einen Unterschied zwischen den Zeiträumen. Auffällig ist die Überzahl an männlichen Patienten in beiden Zeiträumen. Mögliche Erklärungen hierfür werden in der Diskussion besprochen.

3.1.3 Altersverteilung

Das Durchschnittsalter lag mit $11,5 \pm 4,7$ Jahren höher als das des Vergleichszeitraumes von 1986 – 2000. In diesem waren die Kinder und Jugendlichen $9,9 \pm 4,6$ Jahre alt. Im Boxplotdiagramm ist bereits eine Tendenz hin zu älteren PatientInnen zu erkennen (Abb. 5). Bei der Häufigkeitsverteilung des Alters zeigt sich, dass im Altersbereich der 15- und 16-jährigen Jugendlichen die meisten Fälle auftraten. Dahingegen lag das Alter, in dem die meisten PatientInnen Lungenkontusionen erlitten, 1986 – 2000 noch bei 12 Jahren (Abb. 6 und 7). Die Altersverteilungen unterschieden sich mit einem $p < 0,05$.

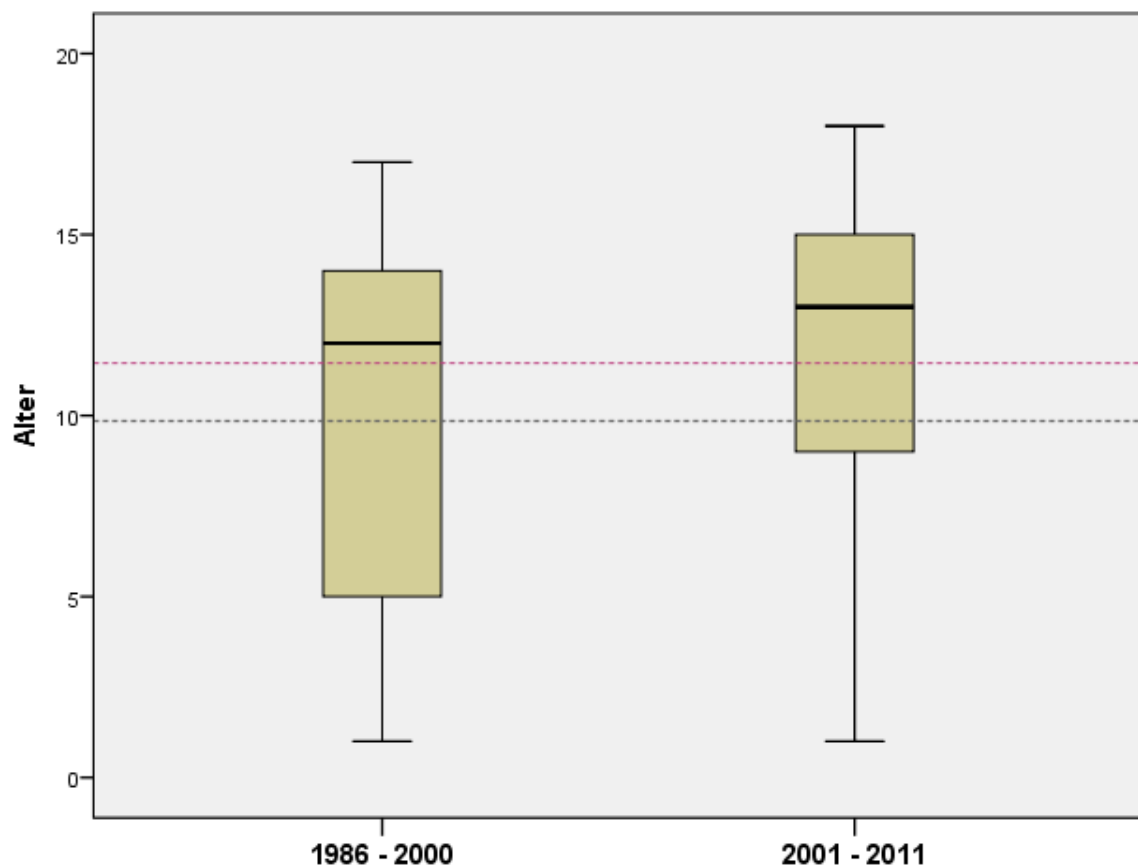


Abbildung 5: Boxplotdiagramm - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der Altersverteilung der PatientInnen mit Lungenkontusion

1986 - 2000

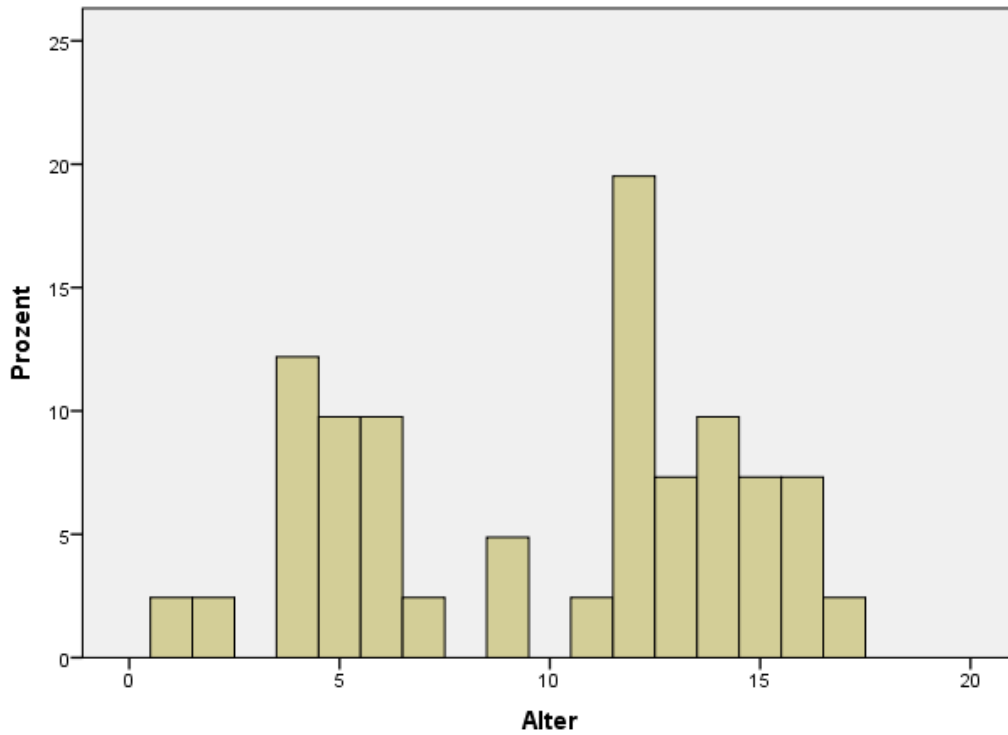


Abbildung 6: Histogramm - Altersverteilung in Zeitraum A. Balkenbreite = 1 Jahr. n=41

2001 - 2011

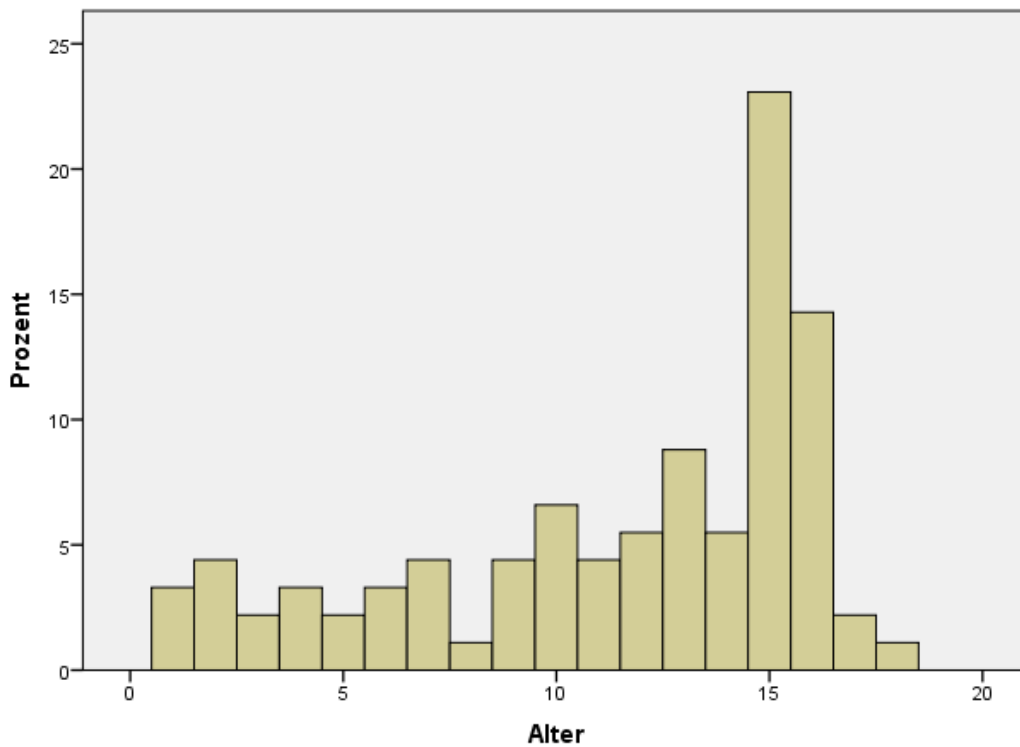


Abbildung 7: Histogramm - Altersverteilung in Zeitraum B. Balkenbreite= 1 Jahr. n=91

3.1.4 Dauer des stationären Aufenthaltes

Die durchschnittliche stationäre Verweildauer lag bei $18,9 \pm 12,8$ Tagen. Dieser Wert lag 1986 – 2000 noch bei $25,1 \pm 17,3$ Tagen. Der durchgeführte Mann-Whitney-U-Test lieferte einen p-Wert von 0,58. Somit ist von Seiten der Statistik die These abzulehnen, es gäbe einen Unterschied in Hinsicht der Dauer des stationären Aufenthaltes. Nichtsdestotrotz ist mittels des Boxplotdiagramms (Abb. 8) und der Histogramme (Abb. 9 und 10) eine Entwicklung hin zu kürzeren Verweildauern zu erkennen. Es fällt vor allem ein im Zeitraum 2001 – 2011 niedrigerer Anteil der besonders langen Verweildauern auf.

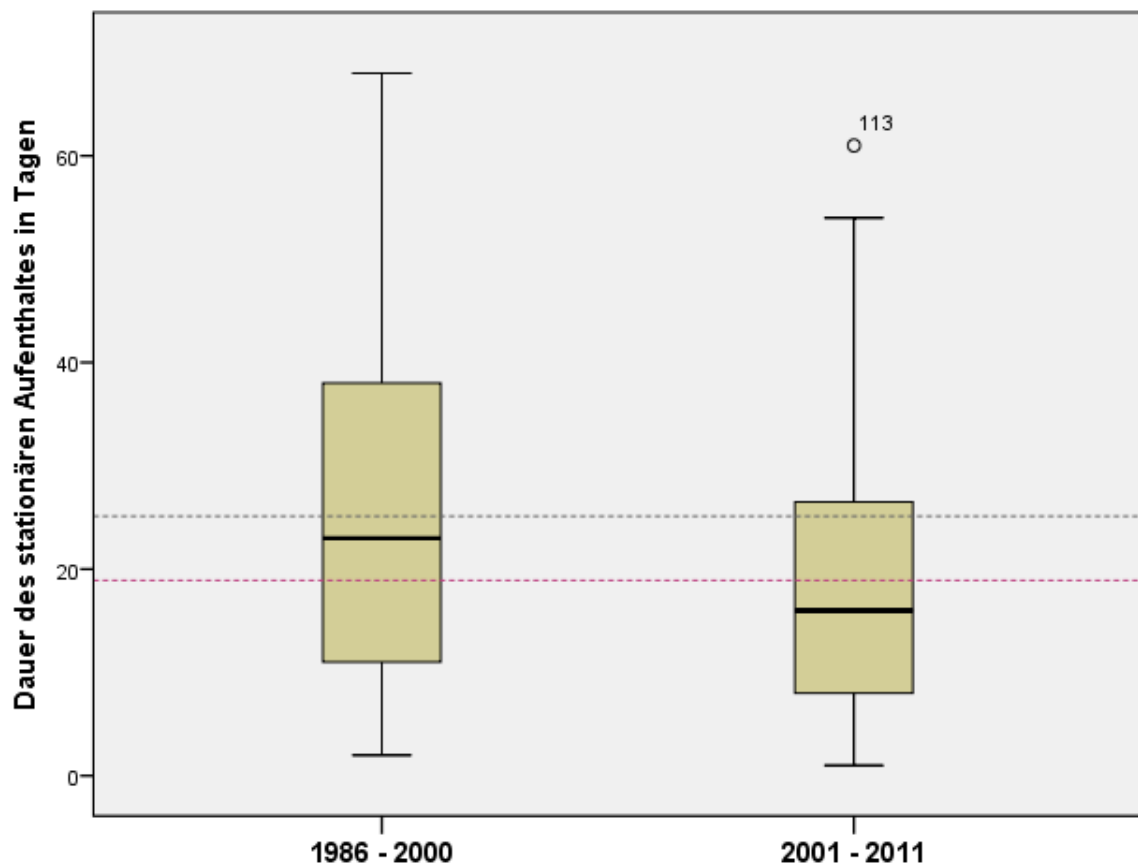


Abbildung 8: Boxplotdiagramm - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der Dauer des stationären Aufenthaltes

1986 - 2000

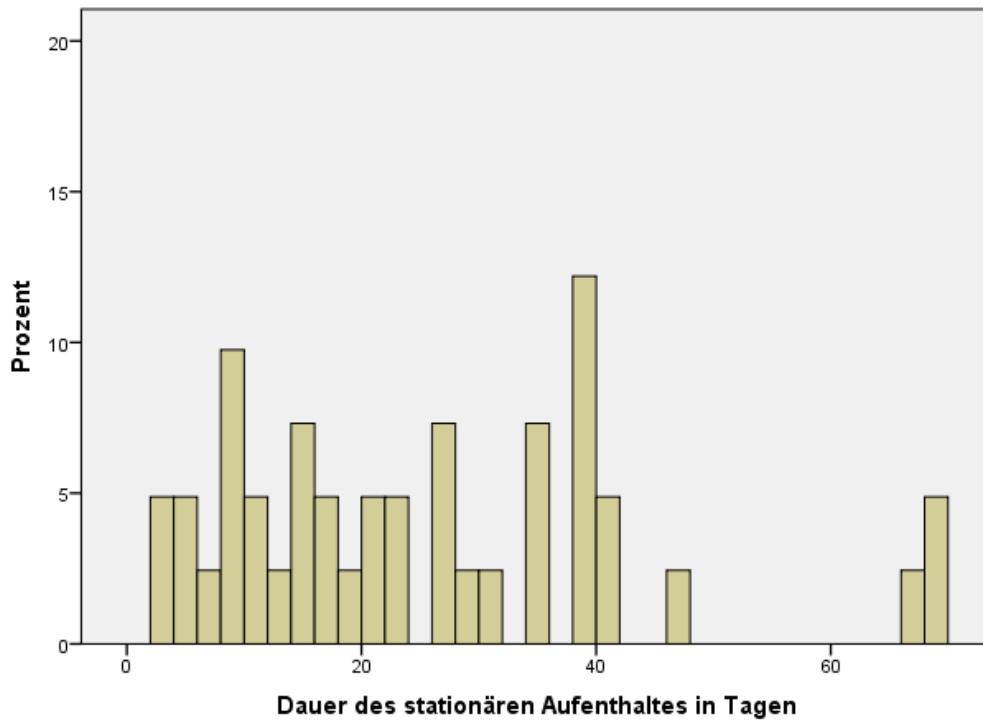


Abbildung 9: Verteilung der Dauer des stationären Aufenthaltes in Zeitraum A. Die Balkenbreite beträgt 2 Tage. n=41

2001 - 2011

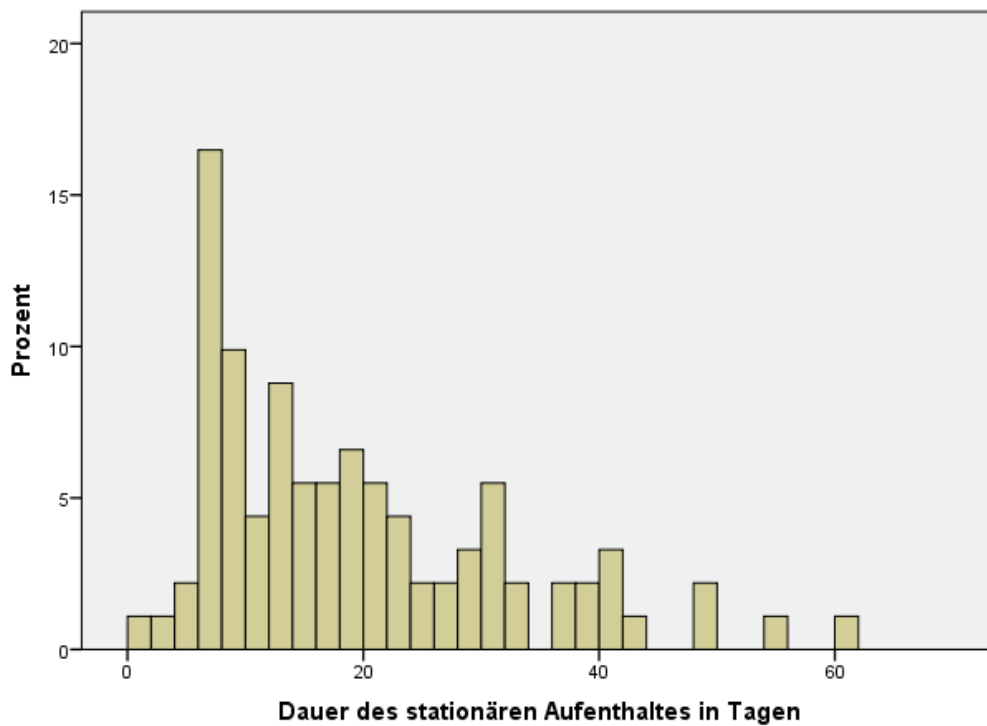


Abbildung 10: Verteilung der Dauer des stationären Aufenthaltes in Zeitraum B. Die Balkenbreite beträgt 2 Tage. n=91

3.1.5 Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation

Die Werte für die durchschnittliche Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation liegen bei $10,6 \pm 10,2$ für 2001 – 2011 und bei $11,6 \pm 9,2$ für 1986 – 2000. Der p-Wert des Mann-Whitney-U-Tests liegt bei 0,192. Es ist also von statistischer Sichtweise aus kein Unterschied anzunehmen. Auch die genauere Analyse der Diagramme lässt keine erwähnenswerten Unterschiede erkennen (Abb. 11 - 13).

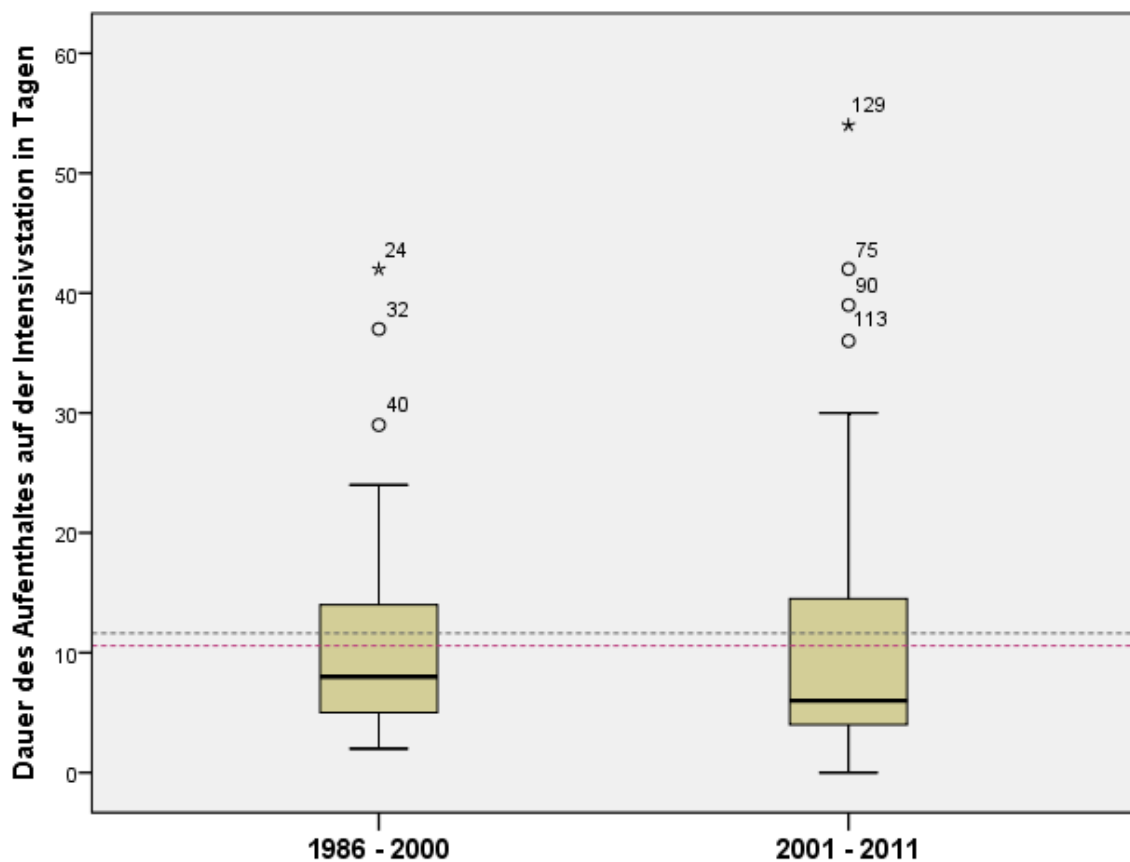


Abbildung 11: Boxplotdiagramm - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation

1986 - 2000

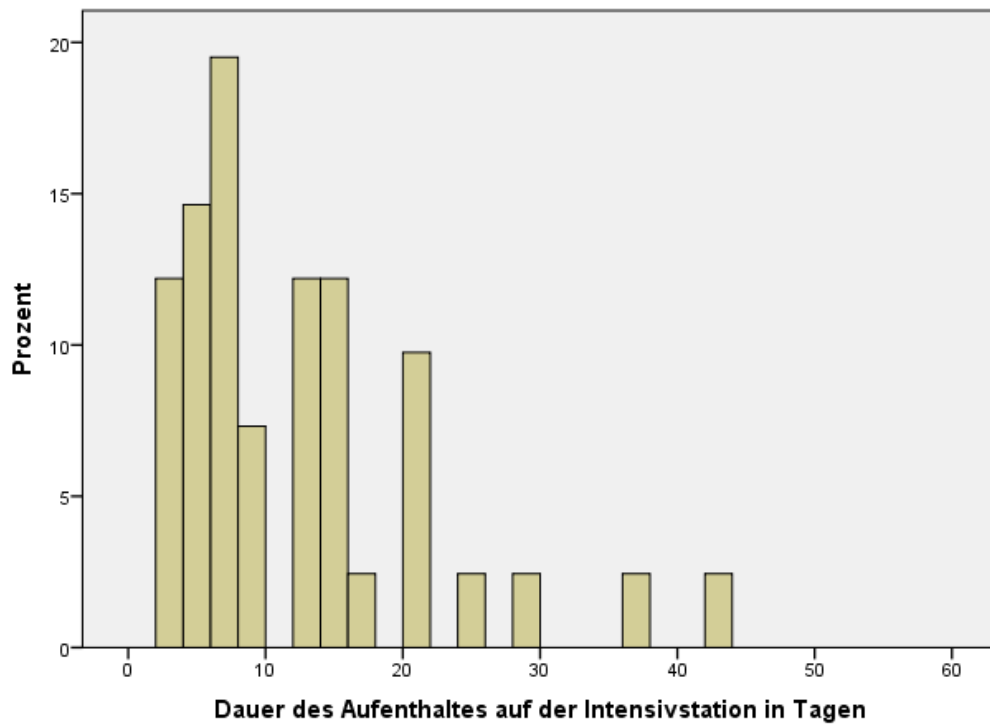


Abbildung 12: Histogramm - Verteilung der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation in Zeitraum A. Die Balkenbreite beträgt 2 Tage. n=41

2001 - 2011

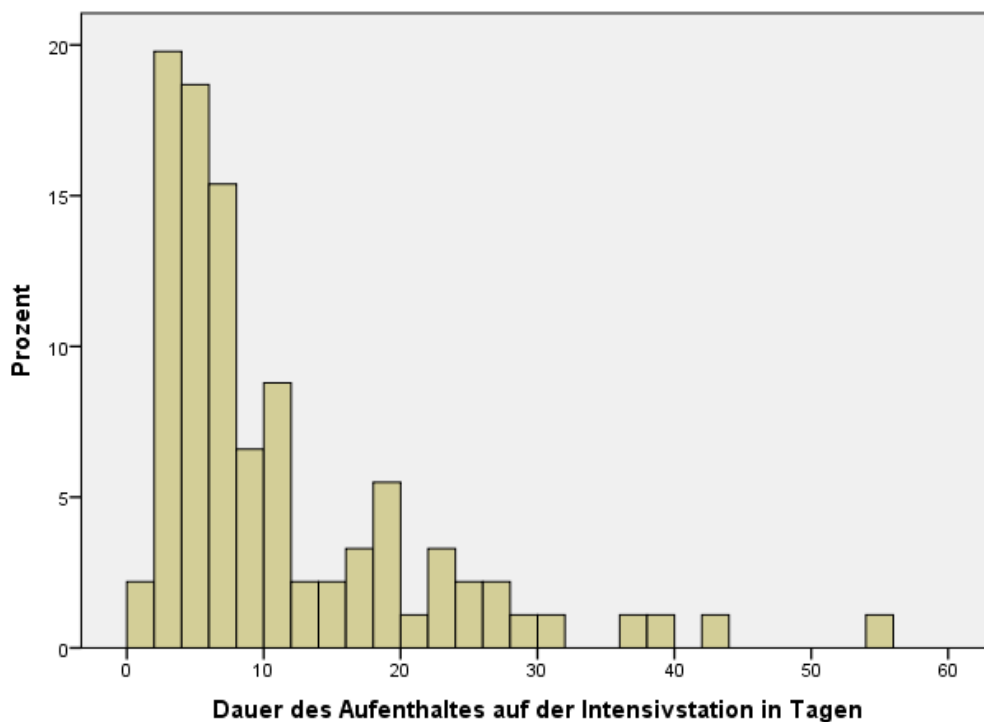


Abbildung 13: Histogramm - Verteilung der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation in Zeitraum B. Die Balkenbreite beträgt 2 Tage. n=91

3.1.6 Injury Severity Score

Der durchschnittliche ISS lag 1986 – 2000 bei $29,2 \pm 11,8$ und 2001 -2011 bei einem sehr ähnlichen Wert von $32 \pm 11,4$. Ein statistisches Testergebnis unter der Signifikanzgrenze ergab sich nicht. Der durch den Mann-Whitney-U-Test errechnete p-Wert beträgt 0,195. Sowohl das Boxplotdiagramm (Abb. 14) als auch die Histogramme (Abb. 15 und 16) zeigen keine auffälligen Unterschiede.

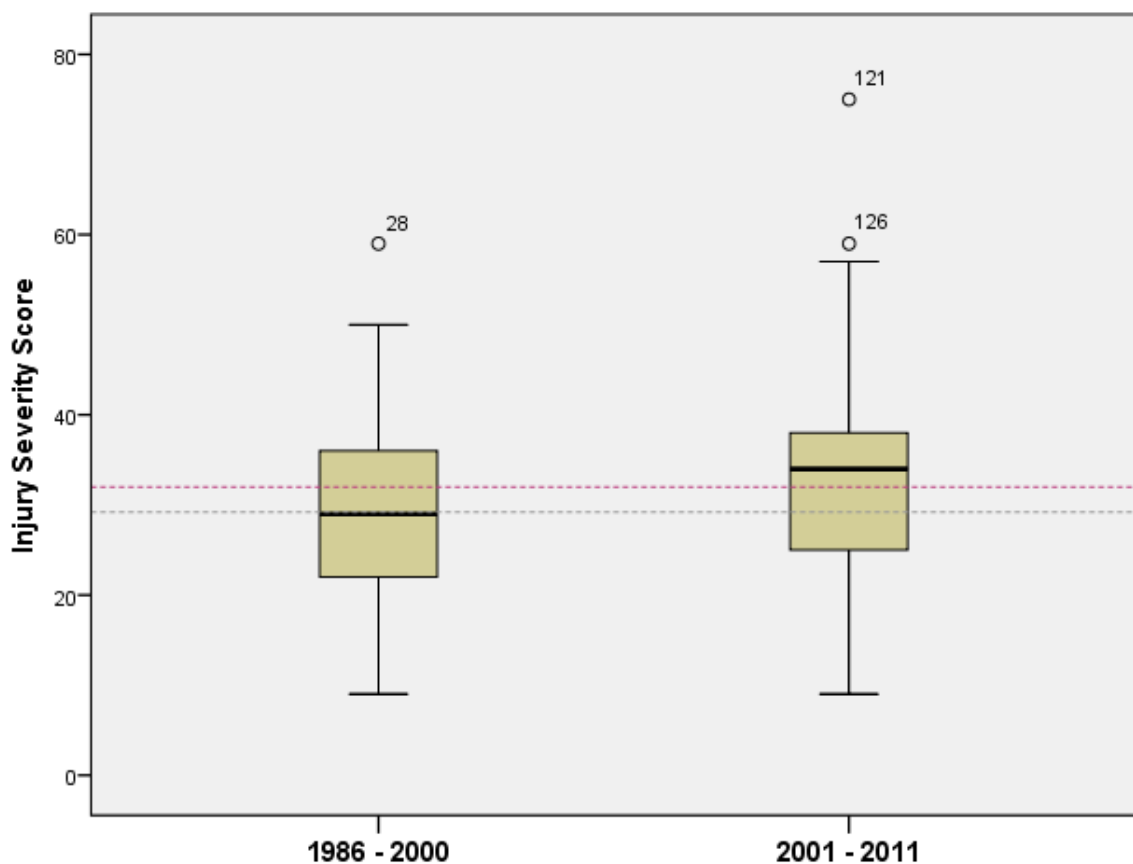


Abbildung 14: Boxplotdiagramm - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der Häufigkeitsverteilung des ISS

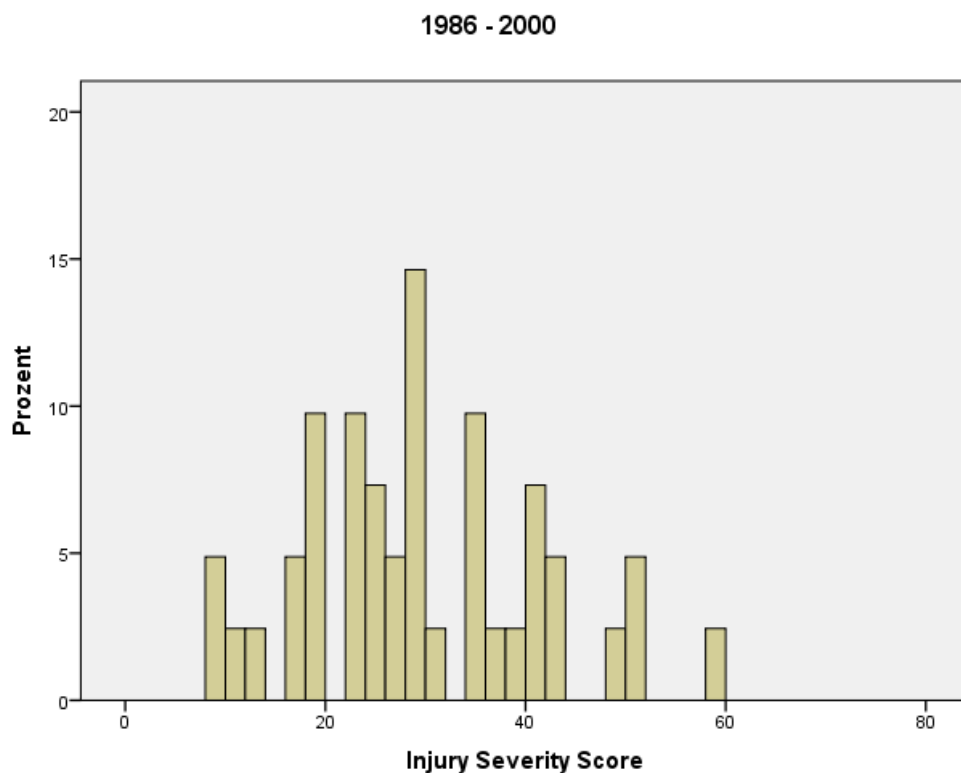


Abbildung 15: Histogramm - Häufigkeitsverteilung des ISS in Zeitraum A. Die Balkenbreite beträgt 2 Tage. n=41

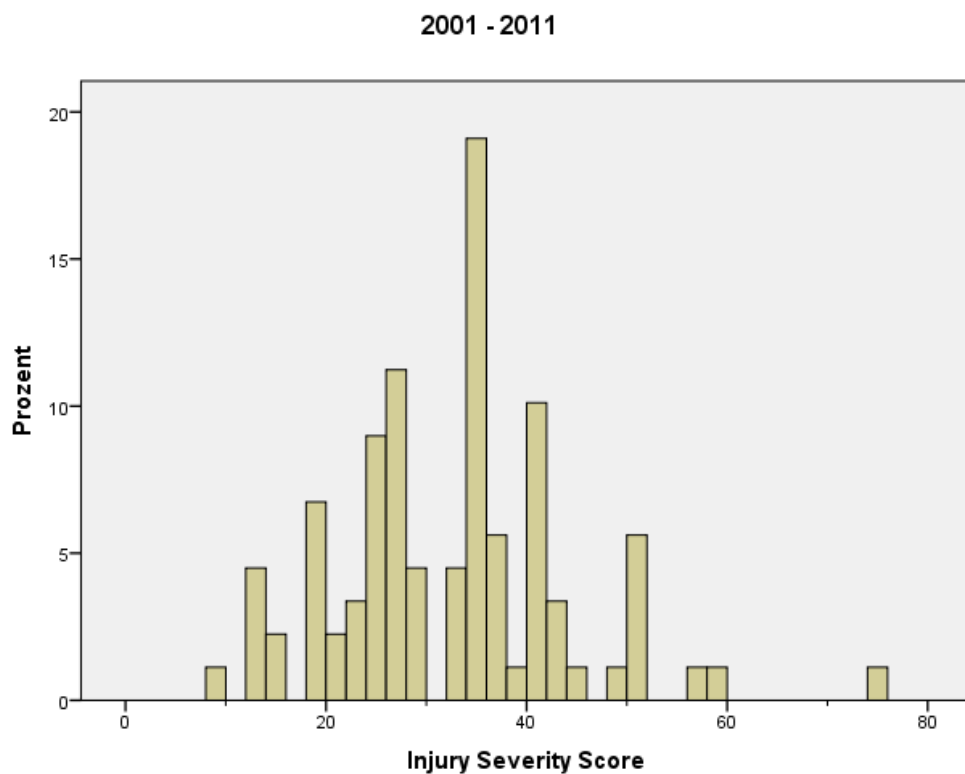


Abbildung 16: Histogramm - Häufigkeitsverteilung des ISS in Zeitraum B. Die Balkenbreite beträgt 2 ISS-Punkte. n=89

In zwei Fällen ergab sich ein AIS von 9 in zumindest einer Körperregion, da die relevanten dokumentierten Diagnosen keinem Wert zwischen 0 und 6 zugewiesen werden konnten. Deshalb konnte für diese PatientInnen der ISS nicht berechnet werden. Diese scheinen als „fehlende Werte“ in der statistischen Analyse auf (siehe Anhang - Statistik).

3.1.7 Anteil der beatmungspflichtigen PatientInnen

Der Anteil der beatmungspflichtigen PatientInnen ist von 82,9 Prozent auf 71,4 Prozent zurückgegangen (Abb. 17). Die absoluten Werte sind in Tabelle 2 ersichtlich. 1986 – 2000 waren es 34 von 41 PatientInnen, wohingegen es 2001 – 2011 nur 65 von 91 PatientInnen waren. Der Chi-Quadrat-Test lieferte als Ergebnis einen p-Wert von 0,158. Es zeigte sich also kein statistisch signifikanter Unterschied.

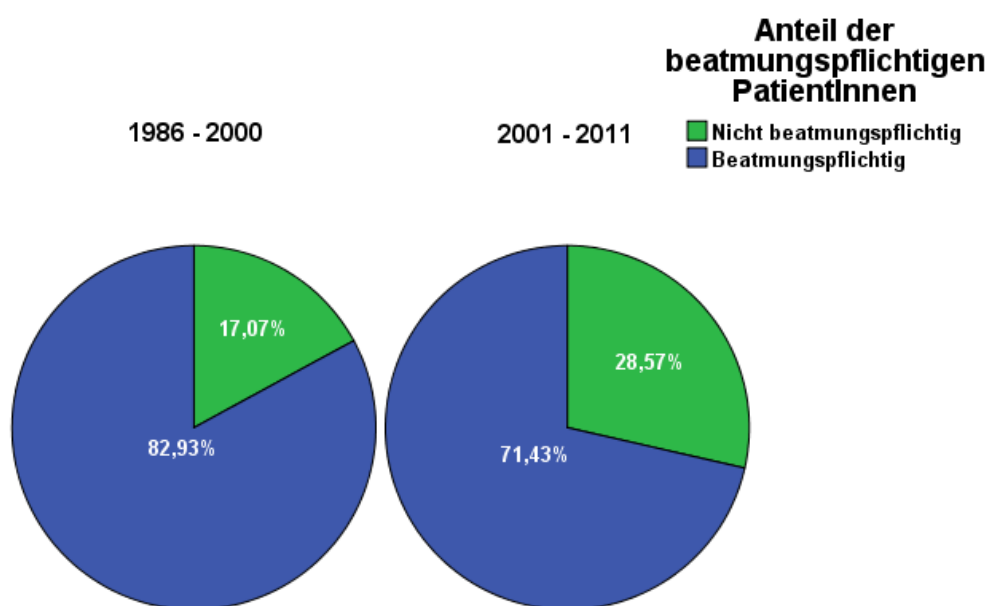


Abbildung 17: Kreisdiagramme - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich des Anteiles der beatmungspflichtigen PatientInnen

Gruppe * Anteil der beatmungspflichtigen PatientInnen Kreuztabelle

Anzahl		Anteil der beatmungspflichtigen PatientInnen		Gesamt
		PatientIn nicht beatmungspflichtig	PatientIn beatmungspflichtig	
Gruppe	1986 - 2000	7	34	41
	2001 - 2011	26	65	91
	Gesamt	33	99	132

Tabelle 2: Kreuztabelle der Anzahl der beatmungspflichtigen PatientInnen

3.1.8 Anzahl der PatientInnen, bei denen Thoraxdrainagen gelegt wurden

Insgesamt wurden bei 11 (12%) der 91 PatientInnen Thoraxdrainagen gelegt. 1986 – 2000 waren es noch 16 von 41 (39%) PatientInnen (Abb. 18 und Tab. 3). Es ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied mit einem p-Wert von <0,05.

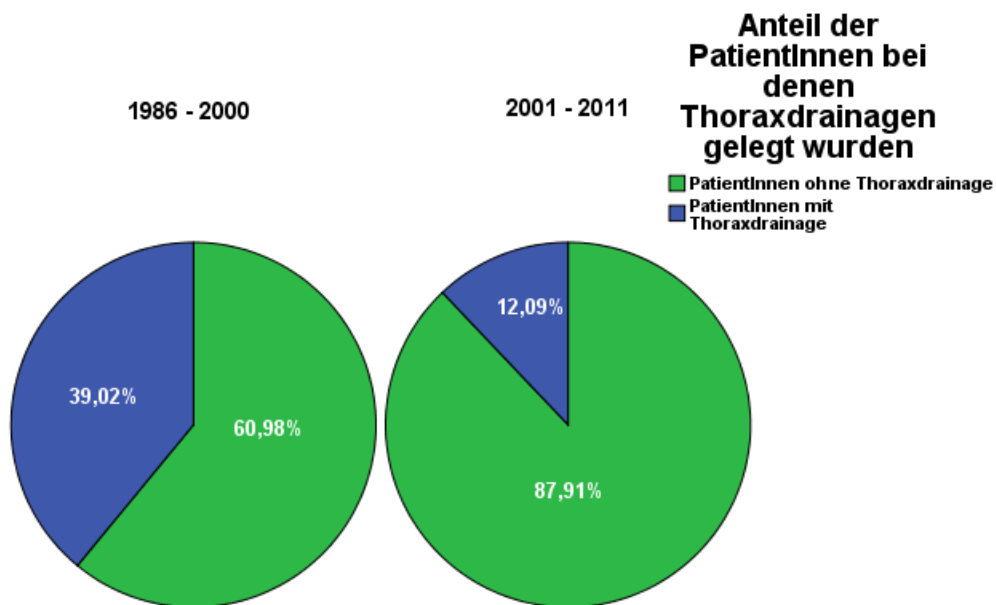


Abbildung 18: Kreisdiagramme zur Anzahl der PatientInnen, bei denen Thoraxdrainagen gelegt wurden

Gruppe * Drainage Kreuztabelle

Anzahl		Drainage		Gesamt
		nein	ja	
Gruppe	1986 - 2000	25	16	41
	2001 - 2011	80	11	91
Gesamt		105	27	132

Tabelle 3: Kreuztabelle zur Anzahl der PatientInnen, bei denen Thoraxdrainagen gelegt wurden

3.1.9 Letalität

Die Letalität reduzierte sich von 12,2 auf 8,8 Prozent (Abb. 19). Die absoluten Werte sind in Tabelle 4 dargestellt. 1986 – 2000 starben 5 von 41 PatientInnen, im aktuellen Zeitraum 8 von 91.

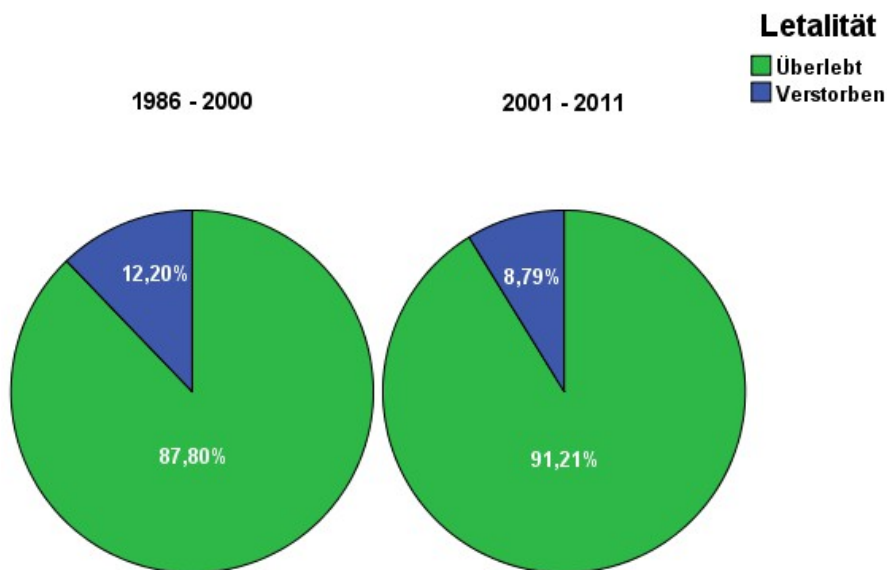


Abbildung 19: Kreisdiagramme - Gegenüberstellung der Zeiträume A und B bezüglich der Letalität

Gruppe * Letalität Kreuztabelle

Anzahl		Letalität		Gesamt
		Überlebt	Verstorben	
Gruppe	1986 - 2000	36	5	41
	2001 - 2011	83	8	91
Gesamt		119	13	132

Tabelle 4: Kreuztabelle zur Letalität

Da eine Zelle eine Erwartungshäufigkeit kleiner 5 hat, ist hier der Exakte Test nach Fisher anzuwenden (siehe Anhang - Statistik). Es ergab sich ein zutreffender p-Wert von 0,541.

3.1.10 Anzahl der PatientInnen mit Rippenfrakturen / Anzahl der Pneumo-, Hämato- und Hämato-pneumothoraces / Anteil der PatientInnen mit extrathorakalen Verletzungen

Insgesamt wiesen 21 der 91 (23%) PatientInnen zumindest eine Rippenfraktur auf, was einen ähnlich hohen Anteil darstellt wie im Zeitraum 1986 – 2000 (20%). Bei 5 PatientInnen des aktuellen Zeitraumes war eine Rippenfraktur zu beobachten, bei 3 waren es 2 und bei 13 PatientInnen gar 3 oder mehr Frakturen. Aus den Tabellen 6 und 7 sind diese Zahlen ebenso ablesbar.

Zählt man die PatientInnen mit Pneumo-, Hämato-, und Hämato-pneumothoraces zusammen, so kommt man auf 20 der 91 (22%) Kinder und Jugendlichen. 1986 – 2000 waren es 21 von 41, was mit 51% der PatientInnen des damaligen Zeitraumes einem mehr als doppelt so hohem Anteil entspricht. In Zusammenschau mit den Ergebnissen aus 3.1.8 ergibt sich, dass 1986 – 2000 76 Prozent und 2001 - 2011 52 Prozent dieser Entitäten drainiert wurden.

Es erlitten 15 (16%) PatientInnen Pneumothoraces, 3 (3%) PatientInnen Hämatothoraces und 2 (2%) PatientInnen Hämatopeumothoraces.

1986 – 2000 erlitten 6 (15%) PatientInnen einen Pneumothorax, 5 (12%) einen Hämatothorax und 10 (24%) einen Hämato-pneumothorax.

Es zeigten sich mit Ausnahme eines Patienten bei allen Kindern und Jugendlichen extrathorakale Begleitverletzungen. Es wiesen 66 (73%) PatientInnen zumindest eine Verletzung im Schädelbereich auf.

3.2 Fragestellung II – Durch welche Hergänge wurden die Lungenkontusionen verursacht?

Als ursächlichen Hergang der Traumen zeigten sich am häufigsten Verkehrsunfälle, bei denen sich die PatientInnen als Passagiere in zweispurigen Automobilen befanden (25,3 %). Kaum weniger häufig kamen Unfälle von Mopedfahrern vor (23,1 %). Im Vergleich dazu wurde 1986 – 2000 an der hiesigen Klinik keine einzige Lungenkontusion diagnostiziert, welche eine Folge eines Mopedunfalls darstellte.

Weitere frequente Hergänge waren Situationen als Fußgänger bei Verkehrsunfällen, Sportunfälle, Fallgeschehen aus der Höhe und Verkehrsunfälle, bei denen die PatientInnen als Fahrradfahrer verwickelt waren. Insgesamt waren 68,2 Prozent der Kinder und Jugendlichen an Unfällen im Straßenverkehr beteiligt (Tab. 5 und Abb. 20).

Hergang des Traumas				
	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
<u>Gültig</u> Passagier in zweispurigem KFZ	23	25,3	25,3	25,3
MopedfahrerInnen	21	23,1	23,1	48,4
FußgängerInnen	12	13,2	13,2	61,5
Anderer Hergang	11	12,1	12,1	73,6
Sport	10	11,0	11,0	84,6
Fall aus Höhe	8	8,8	8,8	93,4
FahrradfahrerInnen im Straßenverkehr	6	6,6	6,6	100,0
Gesamt	91	100,0	100,0	

Tabelle 5: Tabelle bezüglich der absoluten und relativen Häufigkeiten der einzelnen Traumahergänge im Zeitraum 2001 - 2011

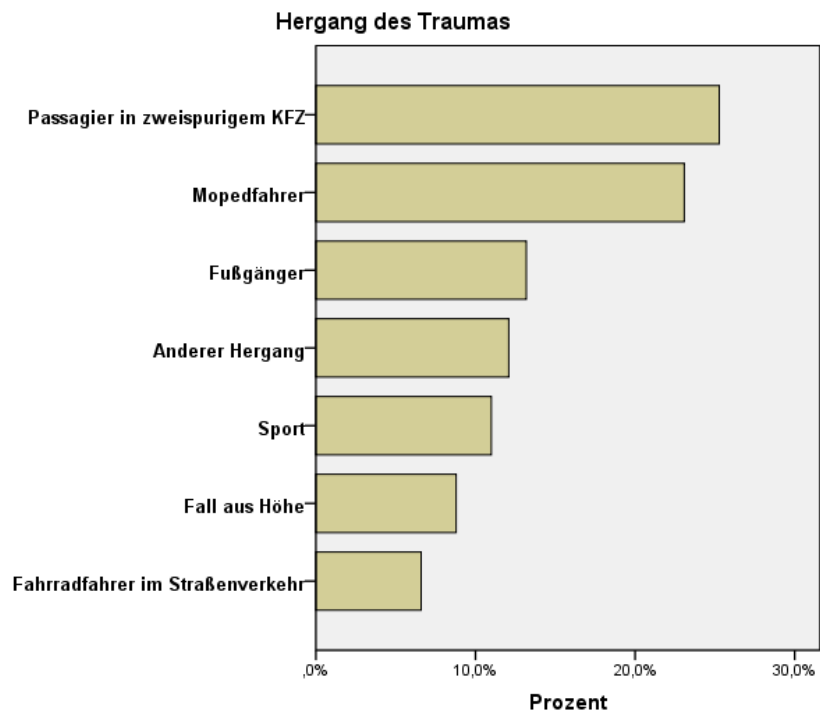


Abbildung 20: Balkendiagramm - Häufigkeiten der unterschiedlichen Traumahergänge im Zeitraum 2001 - 2011

3.3 Fragestellung III

3.3.1 Gibt es Hinweise darauf, dass die Anzahl der Rippenfrakturen der jeweiligen PatientInnen mit der Notwendigkeit einer künstlichen Beatmung positiv korreliert?

Es wurde eine punktbiseriale Korrelation berechnet, unter SPSS® fällt diese auch unter die Funktion „Pearson“. Deshalb ist dieser Name auch für die Korrelation in der Tabelle angegeben (siehe Anhang – Statistik).

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse unterstützen die These, es gäbe einen kausalen Zusammenhang zwischen der Anzahl der erlittenen Rippenfrakturen und der Notwendigkeit einer künstlichen Beatmung in Folge des Traumas. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,231 und der dazugehörige p-Wert 0,014. Abbildung 21 zeigt die grafische Darstellung der Korrelation mittels einer Geraden.

Tabelle 6 zeigt die Verteilung der beatmeten und nicht-beatmeten PatientInnen nach Anzahl der Rippenfrakturen sortiert. Unter den PatientInnen, welche keine Rippenfrakturen erlitten hatten, mussten 46 von 70 (66%) beatmet werden. Dagegen mussten bei einer stattgehabten Rippenfraktur von 5 bereits 4 (80%) PatientInnen beatmet werden. Bei zwei Frakturen mussten 3 von 4 (100%) beatmet werden und bei drei oder mehr Frakturen 12 von 13 PatientInnen (92%).

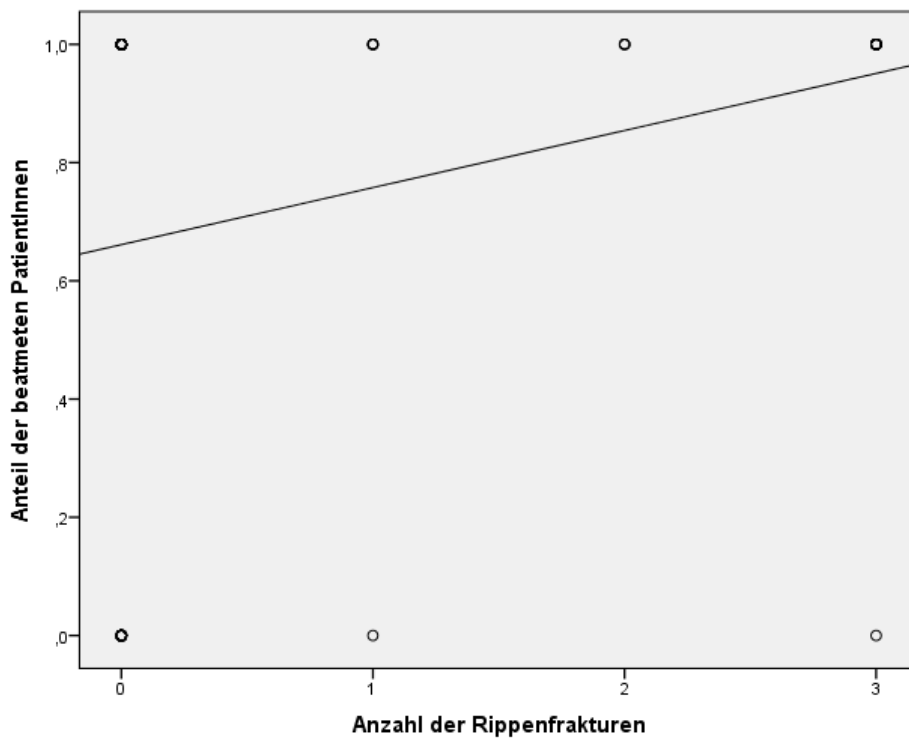


Abbildung 21: Punktdiagramm zur grafischen Darstellung der Korrelation zwischen Rippenfrakturen und Beatmungspflicht

Rippenfrakturen * Beatmung Kreuztabelle

Anzahl Rippenfrakturen	Beatmung		Gesamt
	nein	ja	
0	24	46	70
1	1	4	5
2	0	3	3
3	1	12	13
Gesamt	26	65	91

Tabelle 6: Kreuztabelle zur Korrelation zwischen Rippenfrakturen und Beatmungspflicht („3“ steht hier für drei oder mehr Rippenfrakturen)

3.3.2 Gibt es Hinweise darauf, dass die Anzahl der Rippenfrakturen der jeweiligen PatientInnen mit der Sterblichkeit in Folge des Traumas korreliert?

Zwischen 2001 und 2011 gab es unter denjenigen PatientInnen, welche Rippenfrakturen im Rahmen einer Lungenkontusion erlitten, keine Todesfälle während des stationären Aufenthaltes (Tab. 7).

Die Korrelationsanalyse unterstützt die Annahme nicht, es liege eine positive Korrelation zwischen der Anzahl der erlittenen Rippenfrakturen und der Sterblichkeit in Folge des Traumas vor.

Rippenfrakturen * Letalität Kreuztabelle

Anzahl		Letalität		Gesamt
		Überlebt	Verstorben	
Rippenfrakturen	0	62	8	70
	1	5	0	5
	2	3	0	3
	3	13	0	13
Gesamt		83	8	91

Tabelle 7: Kreuztabelle zur Korrelation zwischen Rippenfrakturen und Letalität („3“ steht hier für drei oder mehr Rippenfrakturen)

4 Diskussion

Diese Arbeit hatte zum Ziel, das PatientInnenkollektiv, die Schwere des Traumas, den Verlauf, die Begleitverletzungen, das Management und das Outcome bei Lungenkontusionen zu analysieren. Da der analysierte Zeitraum der Publikation von Haxhija et al. bereits 11 Jahre zurück liegt, hat sich eine vergleichende Analyse der aktuellen Daten mit denen, die bereits publiziert worden sind, angeboten.

Als augenscheinlichster Unterschied zwischen den Daten von 1986 – 2000 und 2001 – 2011 geht der Anstieg des Anteiles der Mopedfahrer bei den PatientInnen mit Lungenkontusion hervor. Die Daten hierzu des Zeitraumes 1986 – 2000 sind unter dem Kapitel „Ergebnisse“ nicht aufgeführt, da ein Vergleich der Zeiträume für die Fragestellung II ursprünglich nicht vorgesehen war. Der Unterschied ist jedoch so augenscheinlich, dass er hier nicht vorenthalten werden soll. Die für den Vergleich relevanten Daten aus 1986 - 2000 werden anschließend im Text erwähnt.

Der Anteil der Mopedfahrer stieg von 0 auf 23,1 Prozent. Relativ dazu sind auch die Anstiege des Anteiles an männlichen Patienten und des Durchschnittsalters sowie der Altersgipfel bei 15 und 16 Jahren zu sehen. Ohne Berücksichtigung der Mopedfahrer ergibt sich nur mehr ein Anteil von 64,5 Prozent an männlichen Kindern und Jugendlichen und ein Durchschnittsalter von 10,3 Jahren, das sehr nahe an dem des Zeitraumes von 1986 – 2000 liegt (9,9 Jahre). Bezüglich der Altersgipfel ist eine 7-fach höhere Anzahl von Fünfzehnjährigen und eine 4,3-fach höhere Anzahl von Sechzehnjährigen im Zeitraum 2001 – 2011 zu sehen. Ohne die MopedfahrerInnen verschwindet der relativ hohe Anteil der Sechzehnjährigen beinahe gänzlich von 14,3 Prozent auf 7,1 Prozent. 1986 -2000 waren es 7,3 Prozent. Der Anteil der Fünfzehnjährigen verringert sich beinahe um die Hälfte von 23,1 Prozent auf 15,7 Prozent. 1986 – 2000 waren es ebenso 7,3 Prozent.

Analysiert man die durchschnittliche Anzahl der PatientInnen pro Jahr ohne Berücksichtigung der MopedfahrerInnen, so ergibt sich jedoch ein nicht ganz so eindeutiges Bild. Sie reduziert sich zwar von 8,27 auf 6,36, ist damit aber immer noch

mehr als doppelt so hoch wie 1986 – 2000 (2,73 PatientInnen pro Jahr). Der Anstieg der Anzahl der PatientInnen kann also nicht nur auf die erhöhte Anzahl der erfassten MopedfahrerInnen mit konsekutiver Lungenkontusion zurückzuführen sein und ist damit zumindest teilweise woanders zu suchen. Denkbar wäre unter anderem eine Verbesserung des diagnostischen Equipments oder eine höhere Erkennungsrate durch die befundenden Ärzte, eine Abänderung der Diagnoseroutinen bei stumpfen Thoraxtraumen oder die Vergrößerung des Einzugsgebietes der Klinik. Auch eine Abänderung der Zuweisungsmodalitäten zu den Krankenhäusern innerhalb der Steiermark könnte hierfür verantwortlich sein.

Diese Möglichkeiten sind auch als Gründe für den relativen und absoluten Anstieg der MopedfahrerInnen vorstellbar, darüber hinaus sind eine gesteigerte Risikobereitschaft oder ein erhöhtes relatives Auftreten von Lungenkontusionen bei verunfallten MopedfahrerInnen zu nennen. Aber auch die Änderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen innerhalb der untersuchten Zeiträume könnten mit diesem Anstieg ursächlich in Verbindung stehen. Es gestaltete sich als unmöglich, Informationen über die Unfallstatistiken bezüglich der österreichischen MopedfahrerInnen vor dem Jahr 2001 zu erlangen. Trotz intensiver Recherche der österreichischen Bundesgesetze mittels des Rechtsinformationssystems RIS auf der Homepage ris.bka.at war es mir auch nicht möglich, die Gesetzesentwicklung bezüglich des Mopedführerscheines vor dem 30.10.1997 zurückzuverfolgen, weshalb ich mich im Folgenden auf die Angaben der Homepage des Kuratoriums für Verkehrssicherheit beziehe. Laut dieser sei es in Österreich seit dem 01.01.1997 erlaubt, ein Moped ab dem vollendeten 15. Lebensjahr zu lenken. Weiters sei die verpflichtende Absolvierung einer verkehrspsychologischen Untersuchung zur Erlangung des Mopedausweis für Fünfzehnjährige nach dem 1.10.2002 weggefallen [78]. Folgendes steht dort zu der Entwicklung der Unfallstatistik geschrieben:

„Seit der Herabsetzung des Moped-Einstiegsalters auf 15 Jahre am 1.1.1997 sind die Unfallopfer-Zahlen mit jedem Jahr angestiegen, in den letzten Jahren geradezu explodiert. Waren es 1997 noch 32 Menschen, die bei Unfällen mit 15-jährigen Moped-Lenkern verletzt wurden, so waren es im Jahr 2002 bereits 282 Verunglückte (davon 2 Getötete), im Jahr 2003 810 (davon 4 Getötete), 2004 882 (da-

von 4 Getötete) und 2005 1.340 Verunglückte (davon 8 Getötete) und 2006 schockierende 1.701 Verunglückte (davon 6 Getötete).“[78]

Die einzige mir bekannte Quelle, welche den Verlauf der Anzahl der Mopedunfälle in Österreich über die Jahre unter besonderer Berücksichtigung der Fünfzehn- und Sechzehnjährigen beschreibt, ist eine Präsentation von Angelika Ledineg, ebenfalls vom Kuratorium für Verkehrssicherheit. Hier wird eine Grafik gezeigt, die sich auf die Steiermark bezieht und die Zahl der Unfälle zwischen den Jahren 1999 bis 2008 beschreibt. Es zeigen sich dort im Vergleich zum Anstieg Sechzehnjähriger MopedfahrerInnen mit Lungenkontusion nur geringe Schwankungen der Unfallzahlen bezüglich sechzehnjähriger MopedfahrerInnen zwischen 1999 (253 Unfälle) und 2008 (209). Ein ähnliches Bild zeigt eine andere Grafik dieser Präsentation, welche sich auf ganz Österreich zwischen den Jahren 2000 und 2007 bezieht. Die Zahl der verletzten sechzehnjährigen MopedfahrerInnen verändert sich über die Jahre bis 2005 nicht sonderlich, ab 2006 ist ein leichter Anstieg zu erkennen [79]. Insgesamt kann man den Anstieg der Sechzehnjährigen mit Lungenkontusion zwar ausschließlich mit dem Anstieg der in den beiden Zeiträumen erfassten sechzehnjährigen MopedfahrerInnen erklären, diesen jedoch nicht mit einem generellen Anstieg der Zahl der Verunfallten oder Verletzten.

Anders sieht es bei den fünfzehnjährigen MopedfahrerInnen aus: Hier zeigt sich ein Anstieg der Unfälle in der Steiermark von jedem Jahr zum jeweils nächsten zwischen 1999 und 2008. 1999 waren es noch 9 Unfälle, 2008 schon 259. Die Zahl der verletzten fünfzehnjährigen MopedfahrerInnen stieg in ganz Österreich von 2000 bis 2007 von unter 200 auf über 1400 [79].

Zusammenfassend lässt sich also ein kausaler Zusammenhang zwischen der veränderten Gesetzeslage, einem damit einhergehenden Anstieg der Unfälle und Verletzungen fünfzehnjähriger MopedfahrerInnen und dem Anstieg der verunfallten MopedfahrerInnen mit Lungenkontusion nicht ausschließen. Auf jeden Fall lässt sich der Anstieg aller Fünfzehnjährigen mit Lungenkontusion nicht mit dem Anstieg der fünfzehnjährigen MopedfahrerInnen erklären, denn auch ohne Berücksichti-

gung der MopedfahrerInnen ist der Anteil dieser zwischen den untersuchten Zeiträumen immer noch um das Doppelte angestiegen.

Insgesamt ist also zu vermuten, dass die gefundenen Anstiege der durchschnittlichen Anzahl der jährlichen PatientInnen mit Lungenkontusion und des Anteiles der verunfallten MopedfahrerInnen zumindest zum Teil ein lokales Phänomen darstellen und diese Ergebnisse wahrscheinlich so nicht auf andere Regionen und Kliniken übertragbar sein werden.

Eine mögliche Erklärung für die hohe Anzahl männlicher Patienten wäre ein unterschiedliches Risikoverhalten der männlichen und weiblichen Kinder und Jugendlichen. Nach Unfallhergang sind nur die Kategorien „Passagier in zweispurigem KFZ,“ und „RadfahrerInnen“ relativ ausgewogen. Bei allen anderen Traumahergängen sind die männlichen Patienten deutlich in der Überzahl. Besonders auffällig ist der Unterschied bei den MopedfahrerInnen. Hier zeigt sich ein Anteil an männlichen Patienten von 90,5 Prozent.

Geschlecht * Hergang Kreuztabelle

		Hergang						Gesamt	
		Rad	Fall	Moped	Passag.	Andere	Fußg.		Sport
Geschlecht	m	50,0%	75,0%	90,5%	52,2%	81,8%	66,7%	70,0%	70,3%
	w	50,0%	25,0%	9,5%	47,8%	18,2%	33,3%	30,0%	29,7%
Gesamt		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 8: Tabelle zur Darstellung der Verteilung der Geschlechter nach Traumahergang

Meines Wissens nach wurde bisher in keiner wissenschaftlichen Publikation bezüglich Lungenkontusionen eine Letalität beschrieben, die unter den 8,79 Prozent des hier analysierten PatientInnenkollektivs von 2001 – 2011 liegt. Möglicherweise ist dies auf eine Verbesserung der Sicherheit im Straßenverkehr zurückzuführen, vielleicht auch auf eine Verbesserung von Diagnose und/oder Therapie von Lungenkontusionen und/oder der Begleitverletzungen. Es lässt sich wohl kein sicherer

Grund nennen. Auf jeden Fall ist es besonders erfreulich zu sehen, dass am hiesigen Klinikum in diesem Kontext eine so niedrige Anzahl an verstorbenen Kindern und Jugendlichen zu beklagen ist und der Anteil an letalen Ausgängen zwischen 1986 – 2000 und 2001 - 2011 gesunken ist, auch wenn diese These von Seiten der statistischen Auswertung nicht unterstützt wird.

Ebenfalls von der statistischen Auswertung nicht unterstützt werden die Thesen, es gäbe einen Unterschied zwischen den Zeiträumen in Bezug auf die Verteilung der Geschlechter, den Anteil der beatmungspflichtigen PatientInnen, die Dauer des stationären Aufenthaltes, die Dauer der intensivmedizinischen Betreuung, den ISS sowie die Letalität. Betrachtet man das Histogramm zur Dauer des stationären Aufenthaltes, so kann man durchaus eine Verschiebung hin zu kürzeren stationären Verweildauern erkennen. Beachtenswert ist meiner Meinung nach auch, dass sehr wohl ein p-Wert unter 0,05 herausgekommen wäre, wenn man die Fragestellung nur einseitig formuliert hätte, also nur auf eine Verringerung der Aufenthaltsdauer hin getestet hätte. Der Anteil der beatmungspflichtigen oder verstorbenen PatientInnen hat sich erfreulicherweise verringert. Ungeachtet der Wahrscheinlichkeit, mit der diese Ergebnisse nur durch Zufall zustande gekommen sind, so zeigt sich doch insgesamt eine positive Entwicklung. Vor allem die Senkung des Anteiles der verstorbenen und beatmungspflichtigen PatientInnen ist ein sehr erfreuliches Zeichen.

Garcia et al. haben den Einfluss von Rippenfrakturen auf die Letalität bei Trauma-patientInnen im Alter von 0 bis 14 Jahren untersucht und kamen zu dem Ergebnis, dass die Letalität mit der Anzahl der Rippenfrakturen ansteigt [12]. Ich fand jedoch keinerlei Hinweise für einen ähnlichen Zusammenhang für PatientInnen mit Lungenkontusion im Alter von 1 – 18 Jahren. Ein Zusammenhang fand sich hingegen sehr wohl zwischen der Anzahl der Rippenfrakturen und der Wahrscheinlichkeit für die Notwendigkeit einer künstlichen Beatmung. Der Anteil der PatientInnen, die eine künstliche Beatmung benötigen, steigt mit der Zahl der Rippenfrakturen an. Beachtenswert ist, dass bei Vorliegen von zwei Rippenfrakturen der Anteil der beatmungspflichtigen PatientInnen im Verhältnis geringfügig höher ausgefallen ist als

bei drei oder mehr Rippenfrakturen. Dies ist aber möglicherweise auf die geringe Zahl der PatientInnen mit Rippenfrakturen zurückzuführen und es kann durchaus sein, dass sich dieses Verhältnis bei der Untersuchung eines größeren PatientInnenkollektivs nicht darstellt. Wie auch immer, meines Wissens nach wurde ein solcher Zusammenhang bisher noch nicht gezeigt. Die gewonnene Erkenntnis könnte eventuell zur Verbesserung des diagnostischen Vorgehens und zur besseren Abschätzung des Outcomes nach stumpfem Thoraxtrauma nützlich sein. Eine weitere Erforschung dieses Zusammenhangs wäre wünschenswert, um noch bessere Aussagen über die Anwendbarkeit auf die Gesamtheit aller Kinder und Jugendlichen mit Lungenkontusion treffen zu können. Darüber hinaus könnte sich ein ähnlicher Zusammenhang auch für Erwachsene zeigen.

Es zeigte sich eine deutliche Veränderung des Anteiles der PatientInnen, bei denen Thoraxdrainagen gelegt wurden. Der Anteil verringerte sich um den Faktor 3,2. In Zusammenschau mit den Ergebnissen aus 3.1.10 lässt sich ableiten, dass dies teilweise auf den niedrigeren Anteil an PatientInnen mit Hämothorax oder Hämato-pneumothorax zurückzuführen sein dürfte – der Anteil der isolierten Pneumothoraces ist ja in etwa gleich geblieben - und andererseits auf die Verringerung des Anteiles der drainierten Pneumo-, Hämato-, und Hämato-pneumothoraces von 76 Prozent auf 52 Prozent.

Bezüglich der Einschränkungen dieser Studie ist vor allem die fehlende Unterteilung der Kinder und Jugendlichen in Altersgruppen zu nennen. Peterson et al. haben die Thoraxtraumata von Kindern bis 12 Jahren, Jugendlichen bis 18 Jahren und Erwachsenen mit einem Alter bis 59 und ab 60 Jahren gesondert betrachtet. 58 Prozent der Jugendlichen hatten penetrierende Thoraxverletzungen erlitten [25], weshalb sich deren Ergebnisse nicht mit denen meiner Arbeit vergleichen lassen. Auf diese wird deshalb hier nicht weiter eingegangen, es erscheint jedoch sehr sinnvoll, die Kinder und Jugendlichen in mehrere Altersgruppen zu unterteilen. So kann die altersspezifische Heterogenität unter den Minderjährigen mitberücksichtigt werden. Dazu wäre eine Studie mit einer besonders hohen Fallzahl wünschenswert.

Bezüglich des Langzeitoutcomes hat schon die Arbeit von Haxhija et al. ergeben, dass die PatientInnen mit Lungenkontusion in Folge eines stumpfen Thoraxtraumas im Schnitt vier Jahre nach dem Trauma keine pulmonalen Defizite aufweisen [26]. Im Rahmen dieser Arbeit wurde von einer nachträglichen Untersuchung der PatientInnen Abstand genommen und ein positiver Verlauf gemäß den bereits vorliegenden Ergebnissen angenommen.

Abschließend bleibt zu sagen, dass es hoffentlich auch in Zukunft weiterhin gelingt, das Wissen rund um die Entität Lungenkontusion zu vergrößern, die Diagnose- und Therapiemöglichkeiten weiterzuentwickeln und somit das Outcome von PatientInnen mit Lungenkontusion weiter zu verbessern.

5 Literaturverzeichnis

1. Oikonomou A, Prassopoulos P. CT imaging of blunt chest trauma. *Insights into Imaging*. 2011 Feb 11;2(3):281–95.
2. Shorr RM, Crittenden M, Indeck M, Hartunian SL, Rodriguez A. Blunt thoracic trauma. Analysis of 515 patients. *Ann Surg*. 1987 Aug;206(2):200–5.
3. DeMuth Jr. WE, Smith JM. Pulmonary contusion. *The American Journal of Surgery*. 1965 Jun;109(6):819–23.
4. Vignesh T, Arun Kumar As, Kamat V. Outcome in patients with blunt chest trauma and pulmonary contusions. *Indian Journal of Critical Care Medicine*. 2004 Apr 1;8(2):73–7.
5. Born CT. Blast trauma: the fourth weapon of mass destruction. *Scand J Surg*. 2005;94(4):279–85.
6. Cohn S, DuBose J. Pulmonary Contusion: An Update on Recent Advances in Clinical Management. *World Journal of Surgery*. 2010;34(8):1959–70.
7. Allen GS, Cox Jr CS, Moore FA, Duke JH, Andrassy RJ. Pulmonary contusion: are children different. *Journal of the American College of Surgeons*. 1997 Sep;185(3):229–33.
8. Al-Saigh A, Fazili FM, Allam AR. Chest trauma in children: A local experience. *Ann Saudi Med*. 1999 Apr;19(2):106–9.
9. Ismail MF, al-Refaie RI. Chest Trauma in Children, Single Center Experience. *Archivos de Bronconeumología (English Edition)*. 2012 Oktober;48(10):362–6.
10. Crankson SJ, Fischer JD, Al-Rabeeah AA, Al-Jaddan SA. Pediatric thoracic trauma. *Saudi Med J*. 2001 Feb;22(2):117–20.
11. Rouse TM, Eichelberger MR. Trends in pediatric trauma management. *Surg. Clin. North Am*. 1992 Dec;72(6):1347–64.
12. Garcia V, Gotschall C, Eichelberger M, Bowman L. Rib fractures in children: a marker of severe trauma. *J Trauma*. 1990 Jun;30(6):695–700.
13. Cooper A, Barlow B, DiScala C, String D. Mortality and truncal injury: the pediatric perspective. *J. Pediatr. Surg*. 1994 Jan;29(1):33–8.
14. Pecllet MH, Newman KD, Eichelberger MR, Gotschall CS, Garcia VF, Bowman LM. Thoracic trauma in children: An indicator of increased mortality. *Journal of Pediatric Surgery*. 1990 Sep;25(9):961–6.
15. Inan M, Ayvaz S, Sut N, Aksu B, Basaran UN, Ceylan T. BLUNT CHEST TRAUMA IN CHILDHOOD. *ANZ Journal of Surgery*. 2007;77(8):682–5.

16. Holmes JF, Sokolove PE, Brant WE, Kuppermann N. A clinical decision rule for identifying children with thoracic injuries after blunt torso trauma. *Annals of Emergency Medicine*. 2002 May;39(5):492–9.
17. Ceran S, Sunam GS, Aribas OK, Gormus N, Solak H. Chest trauma in children. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2002 Jan 1;21(1):57–9.
18. Meller JL, Little AG, Shermeta DW. Thoracic Trauma in Children. *Pediatrics*. 1984 Nov 1;74(5):813–9.
19. Nakayama DK, Ramenofsky ML, Rowe MI. Chest injuries in childhood. *Ann. Surg*. 1989 Dec;210(6):770–5.
20. Roux P, Fisher RM. Chest injuries in children: An analysis of 100 cases of blunt chest trauma from motor vehicle accidents. *Journal of Pediatric Surgery*. 1992 May;27(5):551–5.
21. Balci AE, Kazez A, Eren Ş, Ayan E, Özalp K, Eren MN. Blunt thoracic trauma in children: review of 137 cases. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2004 Aug 1;26(2):387–92.
22. STATISTIK AUSTRIA. Jahrbuch der GESUNDHEITSSTATISTIK Herausgegeben von STATISTIK AUSTRIA. STATISTIK AUSTRIA Bundesanstalt Statistik Österreich 1110 Wien; 2011.
23. Grosfeld JL, O'Neill, JAJ, Fonkalsrud, EW, Coran, Arnold G., editors. *Pediatric surgery*. 6th ed. Philadelphia: Mosby/Elsevier; 2006.
24. Rielly JP, Brandt ML, Mattox KL, Pokorny WJ. Thoracic trauma in children. *J Trauma*. 1993 Mar;34(3):329–31.
25. Peterson RJ, Tepas III JJ, Edwards FH, Kissoon N, Pieper P, Ceithaml EL. Pediatric and adult thoracic trauma: Age-related impact on presentation and outcome. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1994 Jul;58(1):14–8.
26. Haxhija EQ, Nöres H, Schober P, Höllwarth ME. Lung contusion-lacerations after blunt thoracic trauma in children. *Pediatric Surgery International*. 2004;20(6):412–4.
27. Black TL, Snyder CL, Miller JP, Mann CM Jr, Copetas AC, Ellis DG. Significance of chest trauma in children. *South. Med. J*. 1996 May;89(5):494–6.
28. Smyth BT. Chest trauma in children. *Journal of Pediatric Surgery*. 1979 Feb;14(1):41–7.
29. Hoff SJ, Shotts SD, Eddy VA, Morris JA Jr. Outcome of isolated pulmonary contusion in blunt trauma patients. *Am Surg*. 1994 Feb;60(2):138–42.
30. Kishikawa M, Yoshioka T, Shimazu T, Sugimoto H, Yoshioka T, Sugimoto T. Pulmonary contusion causes long-term respiratory dysfunction with decrea-

- sed functional residual capacity. *J Trauma*. 1991 Sep;31(9):1203–8; discussion 1208–10.
31. Bickford BJ. Chest Injuries in Childhood and Adolescence. *Thorax*. 1962 Sep;17(3):240–3.
 32. Wilson JV. Pathology of Closed Injuries of the Chest. *Br Med J*. 1943 Apr 17;1(4293):470–4.
 33. Bliss D, Silen M. Pediatric thoracic trauma. *Crit. Care Med*. 2002 Nov;30(11 Suppl):S409–415.
 34. Rathgeber J. Grundlagen der maschinellen Beatmung: Einführung in die Beatmung für Ärzte und Pflegekräfte. Georg Thieme Verlag; 2010.
 35. Bonadio WA, Hellmich T. Post-traumatic pulmonary contusion in children. *Annals of Emergency Medicine*. 1989 Oktober;18(10):1050–2.
 36. Johnson J, Cogbill T, Winga E. Determinants of outcome after pulmonary contusion. *J Trauma*. 1986 Aug;26(8):695–7.
 37. Wanek S, Mayberry JC. Blunt thoracic trauma: flail chest, pulmonary contusion, and blast injury. *Crit Care Clin*. 2004 Jan;20(1):71–81.
 38. Greene R. Lung alterations in thoracic trauma. *J Thorac Imaging*. 1987 Jul;2(3):1–11.
 39. Raghavendran K, Davidson BA, Woytash JA, Helinski JD, Marschke CJ, Manderscheid PA, et al. The evolution of isolated bilateral lung contusion from blunt chest trauma in rats: cellular and cytokine responses. *Shock*. 2005 Aug;24(2):132–8.
 40. Wagner RB, Slivko B, Jamieson PM, Dills MS, Edwards FH. Effect of lung contusion on pulmonary hemodynamics. *Ann Thorac Surg*. 1991 Jul 1;52(1):51–8.
 41. Obertacke U, Neudeck F, Majetschak M, Hellinger A, Kleinschmidt C, Schade FU, et al. Local and systemic reactions after lung contusion: an experimental study in the pig. *Shock*. 1998 Jul;10(1):7–12.
 42. Hoth JJ, Wells JD, Hiltbold EM, McCall CE, Yoza BK. Mechanism of neutrophil recruitment to the lung after pulmonary contusion. *Shock*. 2011 Jun;35(6):604–9.
 43. Hoth JJ, Stitzel JD, Gayzik FS, Brownlee NA, Miller PR, Yoza BK, et al. The Pathogenesis of Pulmonary Contusion: An Open Chest Model in the Rat. *Journal of Trauma-Injury Infection*. 2006;61(1):32–45.
 44. Hoth JJ, Martin RS, Yoza BK, Wells JD, Meredith JW, McCall CE. Pulmonary contusion primes systemic innate immunity responses. *J Trauma*. 2009 Jul;67(1):14–21; discussion 21–22.

45. Perl M, Gebhard F, Brückner UB, Ayala A, Braumüller S, Büttner C, et al. Pulmonary contusion causes impairment of macrophage and lymphocyte immune functions and increases mortality associated with a subsequent septic challenge. *Crit. Care Med.* 2005 Jun;33(6):1351–8.
46. Gayzik FS, Martin RS, Gabler HC, Hoth JJ, Duma SM, Meredith JW, et al. Characterization of Crash-Induced Thoracic Loading Resulting in Pulmonary Contusion. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care.* 2009 Mar;66(3):840–9.
47. Ullman EA, Donley LP, Brady WJ. Pulmonary trauma. *Emergency Medicine Clinics of North America.* 2003 May;21(2):291–313.
48. Grisoni E, Volsko T. Thoracic injuries in children. *Respir Care Clin N Am.* 2001 Mar;7(1):25–38.
49. Costantino M, Gosselin MV, Primack SL. The ABC's of Thoracic Trauma Imaging. *Seminars in Roentgenology.* 2006 Jul;41(3):209–25.
50. Moore MA, Wallace EC, Westra SJ. Chest trauma in children: current imaging guidelines and techniques. *Radiol. Clin. North Am.* 2011 Sep;49(5):949–68.
51. Wicky S, Wintermark M, Schnyder P, Capasso P, Denys A. Imaging of blunt chest trauma. *European Radiology.* 2000;10(10):1524–38.
52. Manson D, Babyn PS, Palder S, Bergman K. CT of blunt chest trauma in children. *Pediatr Radiol.* 1993;23(1):1–5.
53. Miller LA. Chest wall, lung, and pleural space trauma. *Radiol. Clin. North Am.* 2006 Mar;44(2):213–24.
54. Färber D, Hahn H, Fendt-Klug T, Höpner F. Thoraxtrauma im Kindesalter: radiologische Befunde : Bildgebung beim traumatisierten Kind. *Der Radiologe.* 1995;35(6):385–90.
55. Schild H, Strunk H, Weber W, Stoerkel S, Doll G, Hein K, et al. Pulmonary Contusion: CT vs Plain Radiograms. *Journal of Computer Assisted Tomography* May. 1989;13(3):417–20.
56. Kwon A, Sorrells DL, Kurkchubasche AG, Cassese JA, Tracy TF, Luks FI. Isolated computed tomography diagnosis of pulmonary contusion does not correlate with increased morbidity. *Journal of Pediatric Surgery.* 2006 Jan;41(1):78–82.
57. Smejkal R, O'Malley KF, David E, Cernaianu AC, Ross SE. Routine initial computed tomography of the chest in blunt torso trauma. *Chest.* 1991 Sep;100(3):667–9.
58. De Moya MA, Manolakaki D, Chang Y, Amygdalos I, Gao F, Alam HB, et al. Blunt Pulmonary Contusion: Admission Computed Tomography Scan Predicts

- Mechanical Ventilation. *Journal of Trauma-Injury Infection*. 2011;71(6):1543–7.
59. Wagner R, Jamieson P. Pulmonary contusion. Evaluation and classification by computed tomography. *Surg Clin North Am*. 1989 Feb;69(1):31–40.
 60. Soldati G, Testa A, Silva FR, Carbone L, Portale G, Silveri NG. Chest Ultrasonography in Lung Contusion*. *CHEST*. 2006 Aug 1;130(2):533–8.
 61. Allen GS, Cox CS. Pulmonary Contusion in Children: Diagnosis and Management. *Southern Medical Journal*. 1998;91(12):1099–106.
 62. Wolfson AB, Harwood-Nuss A. *Harwood-Nuss' Clinical Practice of Emergency Medicine*. Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
 63. Kollef M, Isakow W. *The Washington Manual of Critical Care*. Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
 64. Duckworth MP, Iezzi T, O'Donohue WT. *Motor Vehicle Collisions: Medical, Psychosocial, and Legal Consequences*. Academic Press; 2008.
 65. Richter T, Ragaller M. Ventilation in chest trauma. *J Emerg Trauma Shock*. 2011;4(2):251–9.
 66. Schreiter D, Reske A, Scheibner L, Glien C, Katscher S, Josten C. Das Open Lung Concept Klinische Anwendung beim schweren Thoraxtrauma. *Chirurg*. 2002 Apr 1;73(4):353–9.
 67. Madershahian N, Wittwer T, Strauch J, Franke UFW, Wippermann J, Kaluza M, et al. Application of ECMO in Multitrauma Patients With ARDS as Rescue Therapy. *Journal of Cardiac Surgery*. 2007 May 1;22(3):180–4.
 68. Fortenberry JD, Meier AH, Pettignano R, Heard M, Chambliss CR, Wulkan M. Extracorporeal life support for posttraumatic acute respiratory distress syndrome at a children's medical center. *Journal of Pediatric Surgery*. 2003 Aug;38(8):1221–6.
 69. Taylor RW. Low-Dose Inhaled Nitric Oxide in Patients With Acute Lung Injury: A Randomized Controlled Trial. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*. 2004 Apr 7;291(13):1603–9.
 70. Mure M, Martling CR, Lindahl SG. Dramatic effect on oxygenation in patients with severe acute lung insufficiency treated in the prone position. *Crit. Care Med*. 1997 Sep;25(9):1539–44.
 71. Chavko M, Adeeb S, Ahlers ST, McCarron RM. Attenuation of pulmonary inflammation after exposure to blast overpressure by N-acetylcysteine amide. *Shock*. 2009 Sep;32(3):325–31.

72. Feinstein AJ, Cohn SM, King DR, Sanui M, Proctor KG. Early Vasopressin Improves Short-Term Survival after Pulmonary Contusion. *Journal of Trauma-Injury Infection*. 2005;59(4):876–83.
73. Yan Y-M, Li Y-D, Song X-L, Liu M, Diao F, Wang Y, et al. Therapeutic effects of inhaling aerosolized surfactant alone or with dexamethasone generated by a novel noninvasive apparatus on acute lung injury in rats. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012 Sep 12;1114–20.
74. Guan S, Xiong Y, Song B, Song Y, Wang D, Chu X, et al. Protective effects of salidroside from *Rhodiola rosea* on LPS-induced acute lung injury in mice. *Immunopharmacol Immunotoxicol*. 2012 Aug;34(4):667–72.
75. Willson DF TN. Effect of exogenous surfactant (calfactant) in pediatric acute lung injury: A randomized controlled trial. *JAMA*. 2005 Jan 26;293(4):470–6.
76. Burg H, Moser A. *Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion: Unfallaufnahme, Fahrdynamik, Simulation*. Springer DE; 2009.
77. Greenspan L, McLellan BA, Greig H. Abbreviated Injury Scale and Injury Severity Score: a scoring chart. *J Trauma*. 1985 Jan;25(1):60–4.
78. kfv.at: Mopedfahrer [Internet]. [cited 2013 Jan 21]. Available from: <http://www.kfv.at/verkehr-mobilitaet/verkehrsteilnehmer/mopedfahrer/>
79. Microsoft PowerPoint - Präsentation Mopedworkshop 2009-2010.pptx - Präsentation_Mopedworkshop_2009-2010.pdf [Internet]. [cited 2013 Jan 16]. Available from: http://www.kfv.at/fileadmin/webcontent/Aktionen_Landesstellen/Praesentation_Mopedworkshop_2009-2010.pdf

Anhang – Statistik

Fragestellung I

Geschlechtsverteilung

Gruppe * Geschlecht Kreuztabelle

Anzahl		Geschlecht		Gesamt
		Männlich	Weiblich	
Gruppe	1986 - 2000	23	18	41
	2001 - 2011	64	27	91
Gesamt		87	45	132

Tabelle 9: Kreuztabelle zur Geschlechtsverteilung

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	2,548 ^a	1	,110		
Kontinuitätskorrektur ^b	1,954	1	,162		
Likelihood-Quotient	2,501	1	,114		
Exakter Test nach Fisher				,118	,082
Zusammenhang linear-mit-linear	2,529	1	,112		
Anzahl der gültigen Fälle	132				

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 13,98.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Tabelle 10: Statistische Tests zur Geschlechtsverteilung

Altersverteilung

Deskriptive Statistik						
	Gruppe		Statistik	Standardfehler		
Alter	1986 - 2000	Mittelwert	9,85	,722		
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	8,39		
			Obergrenze	11,31		
		5% getrimmtes Mittel	9,95			
		Median	12,00			
		Varianz	21,378			
		Standardabweichung	4,624			
		Minimum	1			
		Maximum	17			
		Spannweite	16			
		Interquartilbereich	9			
		Schiefe	-,256	,369		
		Kurtosis	-1,356	,724		
		2001 - 2011	2001 - 2011	Mittelwert	11,45	,492
				95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	10,47
Obergrenze	12,43					
5% getrimmtes Mittel	11,71					
Median	13,00					
Varianz	22,073					
Standardabweichung	4,698					
Minimum	1					
Maximum	18					
Spannweite	17					
Interquartilbereich	6					
Schiefe	-,859			,253		
Kurtosis	-,469			,500		

Tabelle 11: Deskriptive Statistik zur Altersverteilung

Tests auf Normalverteilung

	Gruppe	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Alter	1986 - 2000	,215	41	,000	,912	41	,004
	2001 - 2011	,182	91	,000	,874	91	,000

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tabelle 12: Normalverteilungstests der Daten zur Altersverteilung

Mann-Whitney-U-Test

Ränge

	Gruppe	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Alter	1986 - 2000	41	56,37	2311,00
	2001 - 2011	91	71,07	6467,00
	Gesamt	132		

Tabelle 13: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschied der Altersverteilungen (Rangsummen)

Statistik für Test^a

	Alter
Mann-Whitney-U	1450,000
Wilcoxon-W	2311,000
Z	-2,054
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,040

a. Gruppenvariable: Gruppe

Tabelle 14: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschied der Altersverteilungen

Dauer des stationären Aufenthaltes

Deskriptive Statistik					
	Gruppe		Statistik	Standardfehler	
Dauer des stationären Aufenthaltes in Tagen	1986 - 2000	Mittelwert	25,12	2,697	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts			
			Untergrenze	19,67	
			Obergrenze	30,57	
		5% getrimmtes Mittel		24,00	
		Median		23,00	
		Varianz		298,310	
		Standardabweichung		17,272	
		Minimum		2	
		Maximum		68	
	Spannweite		66		
	Interquartilbereich		28		
	Schiefe		,907	,369	
	Kurtosis		,521	,724	
	2001 - 2011	Mittelwert		18,91	1,338
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts			
			Untergrenze	16,25	
			Obergrenze	21,57	
		5% getrimmtes Mittel		17,96	
		Median		16,00	
Varianz			162,992		
Standardabweichung			12,767		
Minimum			1		
Maximum			61		
Spannweite		60			
Interquartilbereich		19			
Schiefe		1,066	,253		
Kurtosis		,741	,500		

Tabelle 15: Deskriptive Statistik zur Dauer des stationären Aufenthaltes

Tests auf Normalverteilung

	Gruppe	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Dauer des stationären Aufenthaltes in Tagen	1986 - 2000	,099	41	,200 [*]	,915	41	,005
	2001 - 2011	,122	91	,002	,907	91	,000

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tabelle 16: Normalverteilungstests der Daten zur Dauer des stationären Aufenthaltes

Mann-Whitney-U-Test

Ränge

	Gruppe	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Dauer des stationären Aufenthaltes in Tagen	1986 - 2000	41	75,90	3112,00
	2001 - 2011	91	62,26	5666,00
	Gesamt	132		

Tabelle 17: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschied der der Dauer des stationären Aufenthaltes (Rangsummen)

Statistik für Test^a

	Dauer des stationären Aufenthaltes in Tagen
Mann-Whitney-U	1480,000
Wilcoxon-W	5666,000
Z	-1,897
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,058

a. Gruppenvariable: Gruppe

Tabelle 18: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschied der der Dauer des stationären Aufenthaltes

Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation

Deskriptive Statistik

	Gruppe		Statistik	Standard- fehler			
Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation in Tagen	1986 - 2000	Mittelwert	11,63	1,436			
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	8,73			
			Obergrenze	14,54			
		5% getrimmtes Mittel		10,64			
		Median		8,00			
		Varianz		84,538			
		Standardabweichung		9,194			
		Minimum		2			
		Maximum		42			
		Spannweite		40			
		Interquartilbereich		9			
		Schiefe		1,573	,369		
		Kurtosis		2,716	,724		
		2001 - 2011		Mittelwert	10,58	1,064	
				95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	8,47	
					Obergrenze	12,70	
				5% getrimmtes Mittel		9,39	
Median				6,00			
Varianz				103,113			
Standardabweichung				10,154			
Minimum				0			
Maximum				54			
Spannweite				54			
Interquartilbereich				11			
Schiefe		1,861	,253				
Kurtosis		3,905	,500				

Tabelle 19: Deskriptive Statistik zur Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation

Tests auf Normalverteilung

	Gruppe	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation in Tagen	1986 - 2000	,179	41	,002	,847	41	,000
	2001 - 2011	,198	91	,000	,793	91	,000

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tabelle 20: Normalverteilungstests der Daten zur Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation

Mann-Whitney-U-Test

Ränge

	Gruppe	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation in Tagen	1986 - 2000	41	72,96	2991,50
	2001 - 2011	91	63,59	5786,50
	Gesamt	132		

Tabelle 21: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschied der der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation (Rangsummen)

Statistik für Test^a

	Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation in Tagen
Mann-Whitney-U	1600,500
Wilcoxon-W	5786,500
Z	-1,306
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,192

a. Gruppenvariable: Gruppe

Tabelle 22: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschied der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation

Injury Severity Score

		Verarbeitete Fälle					
Gruppe		Fälle					
		Gültig		Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Injury Severity Score	1986 - 2000	41	100,0%	0	0,0%	41	100,0%
	2001 - 2011	89	97,8%	2	2,2%	91	100,0%

Tabelle 23: Tabelle zu den bei der statistischen Analyse des ISS nicht berücksichtigten Fällen

Deskriptive Statistik

	Gruppe		Statistik	Standardfehler
Injury Severity Score	1986 - 2000	Mittelwert	29,20	1,846
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		
		Untergrenze	25,46	
		Obergrenze	32,93	
		5% getrimmtes Mittel	28,92	
		Median	29,00	
		Varianz	139,661	
		Standardabweichung	11,818	
		Minimum	9	
		Maximum	59	
		Spannweite	50	
		Interquartilbereich	17	
		Schiefe	,398	,369
		Kurtosis	-,153	,724
	2001 - 2011	Mittelwert	31,99	1,212
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		
		Untergrenze	29,58	
		Obergrenze	34,40	
		5% getrimmtes Mittel	31,58	
		Median	34,00	
		Varianz	130,739	
		Standardabweichung	11,434	
		Minimum	9	
		Maximum	75	
		Spannweite	66	
		Interquartilbereich	15	
		Schiefe	,669	,255
		Kurtosis	1,422	,506

Tabelle 24: Deskriptive Statistik der Daten zum ISS

Tests auf Normalverteilung

	Gruppe	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Injury Severity Score	1986 - 2000	,116	41	,180	,975	41	,509
	2001 - 2011	,104	89	,018	,963	89	,011

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tabelle 25: Normalverteilungstests bezüglich der Daten zum ISS

Mann-Whitney-U-Test

Ränge

	Gruppe	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Injury Severity Score	1986 - 2000	41	59,21	2427,50
	2001 - 2011	89	68,40	6087,50
	Gesamt	130		

Tabelle 26: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschiede bezüglich des ISS (Rangsummen)

Statistik für Test^a

	Injury Severity Score
Mann-Whitney-U	1566,500
Wilcoxon-W	2427,500
Z	-1,297
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,195

a. Gruppenvariable: Gruppe

Tabelle 27: Tabelle zum Mann-Whitney-U-Test auf Unterschiede bezüglich des ISS

Anteil der beatmungspflichtigen PatientInnen

Gruppe * Anteil der beatmungspflichtigen PatientInnen Kreuztabelle

Anzahl#

		Anteil der beatmungspflichtigen PatientInnen		Gesamt
		PatientIn nicht beatmungspflichtig	PatientIn beatmungspflichtig	
Gruppe	1986 - 2000	7	34	41
	2001 - 2011	26	65	91
Gesamt		33	99	132

Tabelle 28: Kreuztabelle der Anzahl der beatmungspflichtigen PatientInnen

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	1,993 ^a	1	,158	,195	,115
Kontinuitätskorrektur ^b	1,427	1	,232		
Likelihood-Quotient	2,094	1	,148		
Exakter Test nach Fisher					
Zusammenhang linear-mit-linear	1,978	1	,160		
Anzahl der gültigen Fälle	132				

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 10,25.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Tabelle 29: Statistische Tests zur Analyse der Anzahl der beatmungspflichtigen PatientInnen

Anzahl der PatientInnen, bei denen Thoraxdrainagen gelegt wurden

Gruppe * Drainage Kreuztabelle

Anzahl		Drainage		Gesamt
		0	1	
Gruppe	1986 - 2000	25	16	41
	2001 - 2011	80	11	91
Gesamt		105	27	132

Tabelle 30: Kreuztabelle zur Anzahl der PatientInnen, bei denen Thoraxdrainagen gelegt wurden

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	12,605 ^a	1	,000	,001	,001
Kontinuitätskorrektur ^b	11,003	1	,001		
Likelihood-Quotient	11,808	1	,001		
Exakter Test nach Fisher					
Zusammenhang linear-mit-linear	12,509	1	,000		
Anzahl der gültigen Fälle	132				

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 8,39.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Tabelle 31: Statistische Tests zur Anzahl der PatientInnen, bei denen Thoraxdrainagen gelegt wurden

Letalität

Gruppe * Letalität Kreuztabelle

Anzahl		Letalität		Gesamt
		Überlebt	Verstorben	
Gruppe	1986 - 2000	36	5	41
	2001 - 2011	83	8	91
Gesamt		119	13	132

Tabelle 32: Kreuztabelle zur Letalität

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	,369 ^a	1	,544		
Kontinuitätskorrektur ^b	,085	1	,771		
Likelihood-Quotient	,357	1	,550		
Exakter Test nach Fisher				,541	,374
Zusammenhang linear-mit-linear	,366	1	,545		
Anzahl der gültigen Fälle	132				

a. 1 Zellen (25,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 4,04.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Tabelle 33: Statistische Tests zur Letalität

Fragestellung III

Korrelationen

		Rippen- frakturen	Beatmung
Rippenfrak- turen	Korrelation nach Pearson	1	,231*
	Signifikanz (1-seitig)		,014
	N	91	91
Beatmung	Korrelation nach Pearson	,231*	1
	Signifikanz (1-seitig)	,014	
	N	91	91

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (1-seitig) signifikant.

Tabelle 34: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Rippenfrakturen und Beatmungspflicht

Korrelationen

		Rippen- frakturen	Letalität
Rippenfrak- turen	Korrelation nach Pearson	1	-,158
	Signifikanz (1-seitig)		,068
	N	91	91
Letalität	Korrelation nach Pearson	-,158	1
	Signifikanz (1-seitig)	,068	
	N	91	91

Tabelle 35: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Rippenfrakturen und Letalität