

Aus der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie
(Prof. Dr. med. W. Lehmann)
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

**Pneumothorax und Hämatothorax – unterschätzte Verletzungen? Eine
Auswertung von 202 Fällen zur Optimierung der Diagnostik und des
Komplikationsmanagements thorakaler Verletzungen an der
Universitätsmedizin Göttingen**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
für Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät der
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Stephanie Obermeyer

aus

Osnabrück

Göttingen 2019

Dekan: Prof. Dr. rer. nat. H.K. Kroemer

Referent/in: PD Dr. med. M. Tezval

Ko-Referent/in: PD Dr. Susanne Wienbeck

Drittreferent/in: Prof. Dr. Rainer Mausberg

Datum der mündlichen Prüfung: 02.12.2019

Hiermit erkläre ich, die Dissertation mit dem Titel **“Pneumothorax und Hämatothorax – unterschätzte Verletzungen? Eine Auswertung von 202 Fällen zur Optimierung der Diagnostik und des Komplikationsmanagements thorakaler Verletzungen an der Universitätsmedizin Göttingen”** eigenständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Göttingen, den

.....
(Unterschrift)

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis:	III
1 Einleitung	1
1.1 Allgemeine Einleitung.....	1
1.2 Genese und Entitäten des Pneumothorax	1
1.3 Diagnostik des Thoraxtraumas	4
1.4 Therapie des Pneumothorax	7
2 Zielsetzung dieser Arbeit	13
3 Material und Methoden	14
3.1 Patientenkollektiv	14
3.2 Datenerhebung	14
3.3 Analyse der Bildgebung	15
3.4 Statistische Auswertung	16
3.5 MEDLINE-Recherche und Literaturlauswertung	16
4 Ergebnisse	18
4.1 Patientenkollektiv	18
4.2 Verletzungsmuster und Therapie	23
4.3 Analyse der bildgebenden Diagnostik.....	28
4.4 Verlauf.....	33
4.5 Komplikationen.....	36
5 Diskussion.....	41
5.1 Unfallhergang.....	41
5.2 Patientenkollektiv und Altersverteilung.....	43
5.3 Diagnostik des traumatischen Pneumothorax und Hämatothorax	46
5.4 Therapie.....	51
5.5 Komplikationen.....	55
6 Schlussfolgerung für den klinischen Alltag	57

7	Zusammenfassung	59
8	Anhang.....	61
8.1	Graphenverzeichnis.....	61
8.2	Tabellenverzeichnis.....	61
9	Literaturverzeichnis	62

Abkürzungsverzeichnis:

AIS	Abbreviated Injury Scale
COPD	chronic obstructive pulmonary disease
CPAP	continuous positive airway pressure
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomographie
IMC	Intermediate Care Unit
GCS	Glasgow Coma Scale
ISS	International Severity Score
PKW	Personenkraftwagen
SPSS	Statistiksoftware IBM SPSS Statistics Version 22
Tab.	Tabelle
UMG	Universitätsmedizin Göttingen

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Einleitung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Patienten, die aufgrund eines traumatischen Pneumothorax und/oder Hämatothorax an der Universitätsmedizin Göttingen diagnostiziert und behandelt wurden. Ziel dieser retrospektiven Studie ist es, den diagnostischen Prozess unter Berücksichtigung verschiedener Verletzungsmuster und Begleitverletzungen zu analysieren, die angewandte Therapie zu beleuchten, in den wissenschaftlichen Kontext einzuordnen und kritisch zu diskutieren, um die daraus gewonnenen Erkenntnisse für eine Optimierung des Traumamanagements bei Pneumothorax und/oder Hämatothoraxverletzungen nutzen zu können. Der Schwerpunkt liegt dabei zum einen auf der detaillierten Analyse der Diagnostik mit der Fragestellung, ob die CT-Diagnostik im Traumamanagement unumgänglich ist und zum anderen, ob eine Drainagetherapie generell als Therapie der Wahl anzusehen ist.

1.2 Genese und Entitäten des Pneumothorax

Ein Pneumothorax entsteht, wenn sich pathologischerweise Luft zwischen der Pleura parietalis und der Pleura visceralis ansammelt. Dies kann auf zwei Arten entstehen, zum einen durch eine Verletzung von außen (traumatische Genese, traumatischer Pneumothorax) oder durch eine Verletzung von innen (innere Ursache, z. B. geplatzte Bullae bei Lungenemphysem oder idiopathischer Spontanpneumothorax). Weiterhin zu nennen ist der iatrogene Pneumothorax nach ärztlicher Intervention und akzidentieller Verletzung der Pleura, wie beispielsweise dem Anlegen eines zentralvenösen Katheters (Haynes und Baumann 2011, Celik et al. 2009, Baumann und Noppen 2004).

Die Klassifikation erfolgt in die Kategorien eines primären oder sekundären (Spontan-) Pneumothorax, eines iatrogenen Pneumothorax oder eines traumatischen Pneumothorax (Haynes und Baumann 2011).

Der primäre Spontanpneumothorax entwickelt sich meist aus einer bestehenden Lungenveränderung. Er tritt vorwiegend bei schlanken Personen männlichen Geschlechts jüngeren Alters auf. Für die Entstehung verantwortlich ist zumeist die Ruptur einer subpleuralen Emphyseblase (Henry et al. 2003).

Beim sekundären spontanen Pneumothorax kommt es ähnlich wie beim primär spontanen Pneumothorax ebenfalls zu einer Ruptur einer Blase. Im Unterschied zum idiopathischen Pneumothorax leidet der Patient hier jedoch an einer Grunderkrankung, wie beispielsweise chronisch obstruktiven Atemwegserkrankungen mit Lungenemphysem, Tuberkulose, Sarkoidose, Lungenfibrose, Lungenabszess, Bronchialkarzinom oder Mukoviszidose. Entstanden sind die Bullae zumeist durch diffuse Emphysembildung, Überblähung, narbige Veränderungen oder entzündlich bedingte Gewebsschwäche (Henry et al. 2003, Haynes und Baumann 2011, Smit et al. 2000).

Der iatrogene Pneumothorax entsteht durch eine Verletzung bei diagnostischen oder therapeutischen Maßnahmen. Beispiele hierfür sind Verletzungen bei einer Lungenpunktion oder durch Überdruckbeatmung. Der traumatische Pneumothorax entsteht durch ein von außen auf den Thorax einwirkendes Trauma und wird je nach Verletzungsmuster in eine offene (z. B. penetrierende Thoraxverletzung) oder geschlossene Form mit einer Verletzung der Pleura visceralis im Sinne einer Kontusion (stumpfes Trauma) unterteilt (Haynes und Baumann 2011, Celik et al. 2009, Klopp et al. 2007).

Durch das Eindringen von Luft in den Pleuraspalt wird der physiologische Unterdruck zwischen den Pleurablättern aufgehoben und die Atemmechanik gestört bzw. bei einem vollkommenen Kollaps der Lunge nahezu gänzlich aufgehoben. Dabei kann die Lunge prinzipiell teilweise oder vollständig kollabieren, was nach Betrachtung des jeweiligen Einzelfalls unterschiedliche Konsequenzen für die Therapie nach sich ziehen kann (Klopp et al. 2007, Zarogoulidis et al. 2014).

Eine Läsion der Pleura visceralis kann wie ein Ventil wirken, was jedoch nicht obligat ist. Im Falle einer Ventilwirkung kann die Luft, welche bei der Inspiration

durch das Leck in der Lunge in den Pleuraspalt einströmt, bei der Expiration nicht mehr entweichen. Der Prozess wiederholt sich bei jedem Atemvorgang. Infolgedessen entsteht eine Dynamik mit sich stetig vergrößerndem und raumfordernden Pneumothorax, genannt Spannungspneumothorax. Dies stellt einen akut lebensbedrohlichen Zustand dar, welcher binnen kurzer Zeit durch eine Mediastinalverschiebung mit Abklemmung der Vena cava zu einer Zirkulationsstörung mit Schocksymptomatik führen kann. Unbehandelt kann ein Spannungspneumothorax zum Herz-Kreislaufstillstand und zum Tod führen. Therapeutisch erforderlich ist in dieser Notfallsituation, zum Teil noch vor der Anlage einer Thoraxdrainage, eine sofortige Entlastungspunktion (Martin et al. 2012, ATLS 2012).

Ein Pneumothorax kann prinzipiell auch asymptomatisch verlaufen, zeigt aber häufig Symptome wie Dyspnoe, Thoraxschmerzen, Husten oder Kurzatmigkeit. Eine fehlende Hebung des Brustkorbes bei Inspiration und ein abgeschwächtes oder fehlendes Atemgeräusch können ebenfalls auffällig sein. Im weiteren Verlauf und vor allem beim Spannungspneumothorax können eine Zyanose, Tachykardie, Schock oder ein Kreislaufstillstand auftreten. Einschränkend zu sagen ist jedoch, dass Schmerzen, eine Reduktion der Atemmechanik und damit einhergehende Dyspnoe als Begleiterscheinung eines jeden Thoraxtraumas, auch ohne Pneumothorax, auftreten können (Zarogoulidis et al. 2014, Klopp et al. 2007, Martin et al. 2012).

Dringt verletzungsbedingt nicht Luft, sondern Blut in den Pleuraspalt ein, so spricht man vom Hämatothorax; bei einer Kombination aus Blut und Luft vom Hämatothorax. Klinische Symptome eines Hämatothorax sind analog zum Pneumothorax Atemnot, Hypotonie, Tachykardie, blasse Haut und Kaltschweißigkeit. Eine aktive Blutung in den Brustkorb kann innerhalb kurzer Zeit zu einem lebensbedrohlichen Blutverlust führen, da anatomisch gesehen ein großer Raum zur Verfügung steht, welcher sich wegen fehlenden Widerstands in der Regel nicht selbst tamponiert (Zarogoulidis et al. 2014, Klopp et al. 2007, Martin et al. 2012).

1.3 Diagnostik des Thoraxtraumas

Die Diagnostik des Pneumothorax umfasst neben der Anamnese, der Auskultation und Perkussion die apparative Diagnostik. Dazu gehören klassischerweise vor allem die allgemeine Röntgendiagnostik, zunehmend jedoch auch die Computertomographie (CT) und die Sonographie (Ding et al. 2011, Alrajab et al. 2013, Zarogoulidis et al. 2014).

Neben den klinisch sichtbaren Zeichen einer Thoraxverletzung wie Prellmarken, offenen Wunden oder Thoraxdeformitäten lässt sich über die Anamnese (sofern möglich) klären, ob eine Verletzung des Thorax vorliegen kann und wie der genaue Unfallhergang war. Die Perkussion im Rahmen der klinischen Untersuchung zeigt einen hypersonoren Klopfeschall. Palpatorisch kann man zum Teil ein Weichteilemphysem tasten, was ein deutlicher Hinweis auf das Vorliegen eines Pneumothorax ist. Das Nichtvorhandensein eines Weichteilemphysems schließt jedoch einen Pneumothorax nicht aus. Ferner kann die Krepitation bei Rippenbrüchen darauf hindeuten, dass ein Pneumo- oder Hämatothorax vorliegt, was jedoch ebenfalls nicht beweisend ist (Noppen und de Keukeleire 2008, Klopp et al. 2007).

Die unterschiedlichen zur Verfügung stehenden Verfahren zur Bildgebung des Thorax umfassen nach aktuellem Stand der Wissenschaft die Sonographie, die Computertomographie und das Röntgen des Thorax. Andere bildgebende Verfahren wie MRT, Szintigraphie und PET-CT spielen im Rahmen der Traumadiagnostik keine Rolle.

Die derzeit angewandten Verfahren haben unterschiedliche Vor- und Nachteile und werden in der Regel kombiniert.

Röntgen

Zur weiteren Diagnosestellung war über viele Jahre eine Röntgenaufnahme mit posterior-anteriorem Strahlengang sowie eine seitliche Thoraxaufnahme beim aufrecht stehenden Patienten der Goldstandard der Traumadiagnostik des

Thoraxtraumas. Bei beatmeten Patienten muss häufig auf eine Liegendaufnahme zurückgegriffen werden (Noppen und de Keukeleire 2008, Klopp et al. 2007, Ghezel-Ahmadi et al. 2012).

Ein Vorteil der Röntgenaufnahme ist die hohe Verfügbarkeit, auch in kleineren Kliniken ohne 24-Stunden CT-Bereitschaft sowie in chirurgischen Praxen. Ferner ist die Röntgen-Thorax-Untersuchung weitgehend untersucherunabhängig und kann mit geringem technischen Aufwand durchgeführt werden. Die Sensitivität ist bei der Stehendaufnahme deutlich höher im Vergleich zur Liegendaufnahme (92% gegenüber 50%) (Ball et al. 2009, Brar et al. 2010). Allerdings kann die stehende Position bei Traumapatienten oft nicht eingenommen werden (Chung et al. 2014). Schmerz, Bewusstlosigkeit oder Intubation verhindern eine maximale Inspiration, was zur Folge hat, dass Röntgenaufnahmen bei Traumapatienten oft unter suboptimalen Bedingungen angefertigt werden müssen. Dabei werden zwischen 10 und 50% der Pneumothoraces übersehen (Kaewlai et al. 2008). Zudem können im Rahmen der Notfalldiagnostik Bergungsequipment oder Fremdkörper das Röntgenbild überschatten (Alrajhi et al. 2012, Kaewlai et al. 2008).

In den letzten Jahren muss mit der zunehmenden Qualität und Verfügbarkeit von Ultraschall sowie CT der Stellenwert des Thoraxröntgens als Teil der Standarddiagnostik des Thoraxtraumas kritisch betrachtet werden. In jüngeren Studien (Alrajab et al. 2013, Ding et al. 2011, Alrajhi et al. 2012, Haghighi et al. 2014) konnte aufgrund höherer Sensitivität und Spezifität ein Trend zur Untersuchung des Traumapatienten durch Sonographie und Computertomographie gezeigt werden. Trotz der genannten Vorteile von Sonographie und CT sollte das Thoraxröntgen aktuell jedoch nicht als obsolet bezeichnet werden, da das Thoraxröntgen in kleineren Kliniken nach wie vor regelmäßig angewandt wird und auch in großen Traumazentren trotz der durchgehenden Verfügbarkeit von CT zur Verlaufskontrolle regelmäßig verwendet wird (Kwan et al. 2012).

Sonographie

Als Alternative zum konventionellen Röntgenbild in der Primärdiagnostik gewinnt die Sonographie im Rahmen des Schockraummanagements immer mehr an Bedeutung (Alrajab et al. 2013, Haghghi et al. 2014). Die erste Dokumentation einer Ultraschalluntersuchung zur Pneumothoraxdiagnostik stammt aus dem Jahr 1986 (Rantanen 1986).

Bei der Thoraxsonographie handelt es sich um eine nichtinvasive und sofort verfügbare diagnostische Methode. Bei der Untersuchung wird zunächst die Pleuraline dargestellt und auf Bewegung hin untersucht. Die gleitende Bewegung zwischen der Pleura visceralis und der Pleura parietalis ist ein Zeichen dafür, dass kein Pneumothorax vorliegt. Fehlt diese Gleitbewegung ist das Vorliegen eines Pneumothorax sehr wahrscheinlich. Differentialdiagnostisch muss allerdings beispielsweise das Vorliegen einer Pleurodese ausgeschlossen werden (Koenig et al. 2011).

Die Sensitivität für die Ultraschalluntersuchung im Rahmen der Pneumothoraxdiagnostik wird mit einer Sensitivität von 78,6 % bis 96,5 % und einer Spezifität zwischen 83 % und 100 % angegeben. Allerdings muss dazu erwähnt werden, dass ein Unterschied der Sensitivität in Abhängigkeit der untersuchenden Person festzustellen ist (Haghghi et al. 2014, Alrajab et al. 2013) und die Erfahrung des Behandlers bei der Exaktheit der Sonographie des Pneumothorax eine große Rolle spielt (Ding et al. 2011).

Anwendbar ist die Sonographie sowohl zur Diagnostik als auch zur Verlaufskontrolle, insbesondere bei bettlägerigen Patienten (Ball et al. 2009, Ding et al. 2011, Koenig et al. 2011). Die Dokumentation einer Ultraschalluntersuchung kann über kurze Videoclips, einzelne Bilder und schriftliche Befunde erfolgen. Die Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen ist allerdings schwieriger als bei anderen Untersuchungsmethoden (Koenig et al. 2011).

Computertomographie

Die Computertomographie stellt heutzutage ein wichtiges diagnostisches Mittel zur Evaluation des Traumapatienten dar und wird häufig als Referenz für die verschiedenen diagnostischen Methoden angesehen (Alrajhi et al. 2012). Gerade in der Notaufnahme, so Chardoli et al., findet das Thorax-CT aufgrund seiner hohen Sensitivität und Spezifität immer häufigere Anwendung (Chardoli et al. 2013). Das CT ermöglicht es, insbesondere auch kleinere Verletzungen mit hoher Sensitivität zu diagnostizieren (Chardoli et al. 2013). Die Computertomographie bietet überdies hinaus eine zuverlässige Möglichkeit zur Diagnostik begleitender Verletzungen von Weichteilstrukturen und Knochen, die weder Standard-Röntgenuntersuchungen noch Sonographie bieten können. Die Untersuchung dauert jedoch im Vergleich zu Sonographie und Röntgen länger, was bei Vorliegen eines Spannungspneumothorax oder eines erheblichen Hämatothorax entscheidend über die Prognose des Patienten sein kann. Einen derzeit weit akzeptierten Standard der Traumadiagnostik stellt aus diesem Grunde eine initiale orientierende Sonographie des Thorax und auch des Abdomens dar, welche bei ausreichend stabilem Patienten von einer CT-Untersuchung ergänzt wird. Auf diese Weise lassen sich die Vorteile beider Verfahren, nämlich die schnelle Verfügbarkeit der Sonographie und die umfassende Bildgebung des CT, kombinieren (Kea et al. 2013, Chung et al. 2014, ATLS 2012).

Bei der Indikationsstellung zur CT-Untersuchung ist allerdings zum einen die höhere Strahlenbelastung, gerade bei jungen Patienten, zu berücksichtigen. Zum anderen spielen vergleichsweise höhere Kosten einer CT-Untersuchung bei generell steigenden Kosten im Gesundheitssystem eine wichtige Rolle (Kea et al. 2013, Brink et al. 2008, Chung et al. 2014).

1.4 Therapie des Pneumothorax

Die verschiedenen Therapieoptionen beim Pneumothorax sind konservative Therapie mit Beobachtung, Nadelaspiration, Anlage einer groß- oder

kleinlumigen Thoraxdrainage und chirurgische Therapien wie die Thorakoskopie (ggf. mit chemischer Pleurodese) und die Thorakotomie (Ghezel-Ahmadi et al. 2012, Baumann und Noppen 2004, Klopp et al. 2007).

Konservative Therapie

Eine konservative Therapie des Pneumothorax bietet sich naturgemäß nur bei kleinen Pneumothoraces ohne Progress sowie klinisch stabilen Patienten an. Voraussetzung zur konservativen Therapie ist aber eine engmaschige Verlaufskontrolle sowie strenge Überwachung des Patienten. Im Falle eines Progresses muss die Möglichkeit einer umgehenden Thoraxdrainagenanlage bestehen. Hierzu sind die personellen und technischen Voraussetzungen zwingend vorzuhalten (Klopp et al. 2007).

Nadelaspiration

Die Nadelaspiration kann bei klinisch stabilen Patienten mit einem primären spontanen Pneumothorax angewendet werden (Klopp et al. 2007). Daneben ist die Nadelaspiration dazu geeignet, einen Spannungspneumothorax umgehend und schnell zu entlasten (Inaba et al. 2011). Es gibt allerdings keine Evidenz für die Nadelaspiration beim Traumapatienten, sodass ihre Anwendung insbesondere beim Thoraxtrauma nicht weit verbreitet ist (Inaba et al. 2011).

Thoraxdrainage

Beim traumatischen Pneumothorax, so Klopp et al., wird in der Regel eine Thoraxdrainage gelegt (Klopp et al. 2007). Die Thoraxdrainage bietet den Vorteil einer kontinuierlichen Drainage der Pleurahöhle, was insbesondere beim Vorliegen einer persistierenden Leckage notwendig ist, um ein Rezidiv nach Entlastung zu verhindern. Ferner können durch eine Thoraxdrainage auch Blut und seröse Flüssigkeit abgeleitet werden, sofern dieses nicht geronnen ist. (Klopp et al. 2007)

Die Thoraxdrainage wird transthorakal durch wahlweise die Technik nach Bülau oder Monaldi in den Pleuralspalt eingebracht (Meyer 1989, Klopp et al. 2007). Bülau-Drainagen werden über dem 4.-5. Interkostalraum der vorderen Axillarlinie, Monaldi-Draiangen in den 2. Interkostalraum in der Medioclavikularlinie über eine Mini-Thorakotomie eingebracht. Bei der Eröffnung des Thorax ist darauf zu achten, dass am Oberrand der Rippe präpariert wird, um das unterhalb der Rippe liegende Gefäß-Nervenbündel zu schonen. Dieses ist erforderlich, um Schmerzen durch eine Nervenirritation vorzubeugen und zum anderen eine Blutung aus den Aa. intercostales in den Thorax zu verhindern. Nach Anlage der Drainage wird diese mit einem Wasserschlosssystem oder einer Unterdruckpumpe versehen. Beide Systeme gewährleisten einen luftdichten Abschluss der Drainage und verhindern das retrograde Eindringen von Luft oder auch Keimen. Durch das Aufsteigen von Luftbläschen durch das Wasserschloss kann beurteilt werden, ob eine Leckage der Lunge in den Pleuraspalt persistiert. Die neueren Thoraxpumpen bieten darüber hinaus den Vorteil der Quantifizierung der ausströmenden Luftmenge pro Minute, was eine wichtige Zusatzinformation zur weiteren Therapieplanung ist. Sofern es zum Austritt von Flüssigkeit aus dem Thorax kommt, wird diese im Wasserschloss aufgefangen oder tritt in den Auffangbehälter der Pumpen ein. Dies ermöglicht dem behandelnden Arzt die Beurteilung der Flüssigkeit (Blut, Eiter, seröse Sekretion) und bietet wiederum Zusatzinformationen zur Therapieplanung (Zisis et al. 2015, Hogg et al. 2011, Klopp et al. 2007).

Bevor eine angelegte Thoraxdrainage entfernt wird, kann die Drainage abgeklemmt und somit die vollständige Entfaltung der Lunge auch nach Wegfall des Sogs überprüft werden (Klopp et al. 2007, Ghezel-Ahmadi et al. 2012, Zisis et al. 2015). Andere Autoren bevorzugen einen direkten Zug der Drainage ohne vorheriges Abklemmen nach Sistieren der Fistelung.

Für die Therapiewahl ausschlaggebende Parameter sind die Größe des Pneumothorax (Baumann und Noppen 2004, Cai et al. 2012) und Symptome wie Schmerz und Atemnot (Iepsen und Ringbaek 2013). Trotzdem besteht eine große Variabilität darin, wie die behandelnden Ärzte sich für oder gegen eine Drainage bei klinisch stabilen Patienten entscheiden (Cai et al. 2012). Nach einer Studie von Cai et al. wird empfohlen, nur kleine Pneumothoraces ohne

Drainage zu behandeln. In anderen Studien würden auch mittelgroße Pneumothoraces ohne Drainage behandelt, sofern keine zusätzliche respiratorische Einschränkung vorliege. Andere Studien empfehlen nur die Entlastung von Pneumothoraces bei Patienten, bei denen eine Überdruckbeatmung erforderlich ist. (Henry et al. 2003, Baumann und Noppen 2004, Cai et al. 2012) In den Behandlungsempfehlungen der British Thoracic Society und des American College of Chest Physicians wird bei klinisch instabilen Bedingungen wie schwerer Atemnot, niedrigem Blutdruck oder Bewusstseinsstörungen grundsätzlich und noch vor weiterer CT- oder ggf. auch Röntgendiagnostik zur Thoraxdrainage geraten (Henry et al. 2003, Baumann und Noppen 2004, Cai et al. 2012).

Thoraxdrainagen sind in verschiedenen Größen mit verschiedenen Durchmessern erhältlich. Dabei ist die optimale Größe der Drainage beim traumatischen Pneumothorax nicht evidenzbasiert gesichert (Inaba et al. 2012). Laut Iepsen und Ringbaek, die den Effekt verschiedener Drainagegrößen beim spontanen Pneumothorax untersucht haben, weisen die Drainagen mit großem Durchmesser mehr Komplikationen, eine niedrigere Erfolgsrate und eine längere Verweildauer der Drainage mit einem längeren Krankenhausaufenthalt auf (Iepsen und Ringbaek 2013). Bei größeren Drainagen, so Kulvatunyou et al., entsteht eine größere Wunde mit mehr Schmerzen bzw. Missempfinden bei der Atmung, was einer vollständigen Entfaltung der Lunge entgegen wirken könne. Darüber hinaus bewirke die größenbedingt starrere Drainage eine größere Irritation der Pleura (Kulvatunyou et al. 2011, Kulvatunyou et al. 2014).

Andere Autoren berichten über mehr Komplikationen bei kleineren Drainagen, allerdings scheinen in einer Studie von Rivera et al. die kleinen sogenannten Pigtail Katheter beim traumatischen Pneumothorax (Rivera et al. 2009), aber auch beim Hämatothorax den größeren Thoraxdrainagen bei gleichzeitiger geringerer Invasivität gleichwertig zu sein. Es wird darauf verwiesen, dass prospektive Studien noch die genauen Indikationen für die kleineren Drainagen beschreiben sollten (Kulvatunyou et al. 2011).

Einen statistisch signifikanten Unterschied bezogen auf Thoraxdrainage-assoziierte Komplikationen gibt es laut Inaba et al. nicht (Inaba et al. 2012).

Pleurodese

Sind die genannten Therapien nicht erfolgreich, gibt es die Möglichkeit der Pleurodese, bei der die Pleura visceralis mit der Pleura parietalis verklebt werden. Dies kann entweder über die videoassistierte Thorakoskopie oder eine Thorakotomie geschehen. Grundprinzip dieser Behandlung ist ein Verkleben von Pleura parietalis und Pleura visceralis durch das Einbringen von beispielsweise Talkumpuder. (Ghezel-Ahmadi et al. 2012, Baumann und Noppen 2004, Klopp et al. 2007).

Neben der Entlastung des Pneumothorax stehen eine Reihe von supportiven Maßnahmen zur Verfügung, um den Genesungsprozess des Patienten zu beschleunigen und Komplikationen zu vermeiden. Hierunter fallen die Mobilisation des Patienten sowie physiotherapeutische Maßnahmen wie Atemtraining oder das Benutzen eines Atemcoaches. Die Maßnahmen sollen unter anderem verhindern, dass sich Minderbelüftungen (Atelektasen) ausbilden, auf Boden derer es häufig zu Pneumonien kommt. Bei intubierten und beatmeten Patienten stehen die oben genannten Verfahren naturgemäß nicht zur Verfügung. In diesem Falle wird meist versucht, durch eine möglichst schonende Beatmung und eine aktive Lagerung des Patienten die Ausbildung von Sekundärkomplikationen zu verhindern (Kelkar 2015).

Eine besondere Maßnahme zur Prävention sekundärer Komplikationen stellt die nicht-invasive Beatmung dar. Diese sogenannte CPAP-Beatmung (continuous positive airway pressure) dient der Unterstützung der selbstständigen Atmung des Patienten und wird bei verschiedenen Arten einer unzureichenden eigenen Atmung, beispielsweise nach Beendigung einer Intubation, eingesetzt. Durch einen Überdruck im Moment des eigenständigen Einatmens des Patienten, welcher maschinell erzeugt wird, wird die Atemmechanik des Patienten unterstützt. Durch die CPAP-Beatmung soll dem Patienten die Inspirationsarbeit erleichtert werden. Dies ist bei stark geschwächten Patienten auf einer Intensivstation enorm wichtig, da die Atemarbeit teilweise die Belastungsfähigkeit des Patienten übersteigt. Auch spielt die intermittierende nicht-invasive Beatmung bei der Entwöhnung langzeitbeatmeter Patienten eine

wichtige Rolle. Bei schon aufgetretenen Komplikationen der Lunge, wie Atelektasen oder Pneumonie sollen durch eine verbesserte mechanische Ventilation zusätzliche minderbelüftete Lungenareale rekrutiert werden. Ferner kann die Oxygenierung des Blutes insgesamt verbessert werden. Daneben wird die CPAP-Beatmung auch zur Prophylaxe einer Pneumonie oder anderen Komplikationen vor deren Entstehung eingesetzt (Chiumello et al. 2012, Liao et al. 2010).

2 Zielsetzung dieser Arbeit

Die Literaturrecherche vor der Zielsetzung dieser Arbeit hat ergeben, dass es sehr viele Studien gibt, die sich mit dem spontanen Pneumothorax befassen, allerdings wenig Veröffentlichungen, die sich mit dem traumatischen Pneumothorax und Hämatothorax beschäftigen.

Es ist aber im Rahmen der Versorgung von Traumapatienten von großer Bedeutung die Besonderheiten des traumatischen Pneumothorax und Hämatothorax zu kennen und sie bei der Diagnostik und Therapie berücksichtigen zu können.

Ziel dieser retrospektiven Studie ist es, den diagnostischen Prozess unter Berücksichtigung verschiedener Aspekte wie zum Beispiel Begleitverletzungen oder Vorerkrankungen zu beleuchten, mögliche Schwierigkeiten und Risiken aufzuzeigen und zu klären, ob hierbei eine - mittlerweile sehr häufig durchgeführte - CT-Diagnostik unumgänglich ist.

Des Weiteren soll bei der Betrachtung des Therapieverlaufs die Frage geklärt werden, ob eine Drainagetherapie beim traumatischen Pneumothorax und/oder Hämatothorax in jedem Fall erforderlich ist und welche Komplikationen im Verlauf zu beobachten sind und ob diese möglicherweise mit der Drainagetherapie in Zusammenhang gebracht werden können.

3 Material und Methoden

3.1 Patientenkollektiv

Es wurden umfangreiche Daten von insgesamt 226 konsekutiven Patienten, die in den Jahren 2009 bis 2012 aufgrund eines traumatischen Pneumothorax, Hämatothorax oder einer Kombination aus den Verletzungen in der Universitätsmedizin Göttingen behandelt wurden, erhoben. Dabei wurden sowohl Patienten mit einbezogen, bei denen die Verletzung als Monoverletzung auftrat, als auch Patienten, die zusätzliche Verletzungen im Sinne eines Polytraumas aufwiesen. Die Patienten wurden anhand eines Computersuchlaufs des Krankenhausinformationssystems SAP für die entsprechenden Jahre identifiziert und bekamen eine Pseudonymnummer, unter der die weiteren erhobenen Daten in einer Excel-Tabelle (Microsoft Office Excel) zusammengetragen wurden.

Von den untersuchten Fällen mussten 24 Fälle ausgeschlossen werden. Gründe hierfür waren längerer, vorausgegangener Aufenthalt in einer anderen Klinik (zuverlegte Patienten) mit großen Lücken in der Dokumentation des Falls oder vorab für die Studie falsch ausgesuchte Patienten (iatrogener Pneumothorax anstelle eines traumatischen Pneumothorax). Dies führte insgesamt zu einer Reduktion der Fallzahl auf 202.

3.2 Datenerhebung

Die Auswertung der einzelnen Fälle beinhaltete die vollständige Durchsicht der Patientenakte inklusive Notarztprotokollen, Aufnahmeprotokollen und des Verlaufs des Krankenhausaufenthalts. Neben patientenbezogenen Daten wie beispielsweise Alter, Geschlecht und Vorerkrankungen wurden auch die Unfallart, sämtliche Begleitverletzungen, die vollständige Diagnostik und die Dokumentation der gesamten Behandlung ausgewertet. Der Schweregrad der

Verletzungen wurde mithilfe des International Severity Score (ISS) aus der Abbreviated Injury Scale (AIS) errechnet und für eine Unterteilung des Patientenkollektivs verwendet. Der Abbreviated Injury Scale ist dabei ein Bewertungsmaßstab zur Einordnung der Schwere einer Einzelverletzung. Anhand eines Katalogs bekommt jede Verletzung einen Wert, der die Überlebenschance einer solchen Verletzung widerspiegelt. Dieser Wert wird für die Berechnung des International Severity Score herangezogen. Während der AIS Einzelverletzungen in Hinblick auf ihre Letalität bewertet, fasst der ISS mehrere Verletzungen zusammen und liefert somit einen Richtwert für die Einschätzung der Gesamtverletzungsschwere. Der ISS unterteilt die verschiedenen Körperregionen in 6 Bereiche in denen jeweils der höchste vorliegende AIS-Wert ermittelt wird. Die drei Körperregionen mit den höchsten AIS-Werten werden ermittelt, die AIS-Werte dieser Regionen quadriert und anschließend addiert. Dadurch entstehen ISS-Werte von 1 bis 75, bei einem vorliegenden AIS-Wert von 6 wird automatisch ein ISS-Wert von 75 angegeben. Der ISS ist einer der weltweit am meisten genutzten Scores zur Einschätzung der Schwere der Verletzungen eines Patienten.

Es wurden Komplikationen, die während der ersten 21 Tage auftraten, erfasst und analysiert. Somit lag unser Fokus auf den Komplikationen, die in einem frühen Stadium einer traumatischen Pneumothoraxverletzung entstehen. Wir wählten diesen Zeitraum, um die Therapie und vor allem die Initialtherapie des traumatischen Pneumothorax in Hinblick auf mögliche Zusammenhänge zwischen Therapie und auftretender Komplikationen analysieren zu können. Auch Laborparameter wie zum Beispiel das C-reaktive Protein (CRP), Procalcitonin oder die Anzahl der Leukozyten wurden ermittelt sowie die gesamten Fieberkurven der Patienten ausgewertet.

3.3 Analyse der Bildgebung

Eine besondere Bedeutung im Rahmen der Auswertung hat der Bereich der Primärdiagnostik eingenommen. Dazu wurden sämtliche verfügbare röntgenologische Untersuchungen des Thorax, die innerhalb der ersten 21 Tage des stationären Aufenthaltes angefertigt wurden, einzeln ausgewertet und

vollständig neu befundet. Es handelte sich um insgesamt 1597 Röntgenbilder und 139 CT-Untersuchungen. Da die Diagnose eines Pneumothorax teilweise nicht mit dem chronologisch zuerst durchgeführten Verfahren gestellt wurde, lag ein wesentlicher Aspekt der Auswertung in der Identifikation des bildgebenden Verfahrens, in welchem der Pneumothorax zuerst sicher diagnostiziert werden konnte. Es wurde hierzu detailliert ausgewertet, in welcher Reihenfolge Röntgen- bzw. CT-Untersuchungen stattgefunden haben und durch welches bildgebende Verfahren die Diagnose schließlich gestellt werden konnte.

Ferner wurde der Therapieverlauf analysiert. Hierzu wurden die verfügbaren radiologischen Bilder im Hinblick auf den Zeitpunkt des Auftretens sowie der Ausprägung sekundärer Komplikationen betrachtet. Zu den untersuchten Komplikationen zählten unter anderem Auftreten von Ergüssen, Atelektasen, Pneumonien und Pneumothoraxrezidiven.

Die Auswertung erfolgte an den Workstations der Universitätsmedizin Göttingen an für die Diagnostik zertifizierten Monitoren unter Verwendung der Bildbetrachtungssoftware Centricity (Fa. General Electric, USA).

3.4 Statistische Auswertung

Die anschließende statistische Auswertung der Daten erfolgte mithilfe der Statistik-Software SPSS (IMB SPSS Statistics Version 22). Für die deskriptive Analyse wurden Mittelwerte, Minima, Maxima und der Median verwendet. Für den Vergleich verschiedener Patientengruppen wurden der Pearson Chi-Quadrat Test und der exakte Test nach Fisher verwendet. Der p-Wert für statistische Signifikanz lag bei $< 0,05$.

3.5 MEDLINE-Recherche und Literaturlauswertung

Es gibt unserer Recherche nach keine Leitlinie, die sich speziell auf den traumatischen Pneumothorax bezieht, allerdings gibt es eine S3-Leitlinie für Polytrauma, in welcher eine Passage dem Thoraxtrauma gewidmet ist und aufgrund des Charakters der S3-Leitlinie als Referenz für die Behandlung des

4 Ergebnisse

4.1 Patientenkollektiv

In die finale Auswertung der Studie konnten 202 Fälle aufgenommen werden. Die überwiegende Mehrzahl der Patienten waren männlich (n=150, 74,3%), 52 Patienten (25,7%) waren weiblich. Die Altersspanne der untersuchten Patienten reicht von einem Alter von 8 Jahren beim jüngsten Patienten bis zu einem Alter von 101 Jahren bei dem ältesten Patienten. Das durchschnittliche Alter betrug 52 Jahre. 55 Patienten (27,2%) waren 65 Jahre oder älter, 27 Patienten (13,4%) waren 25 Jahre oder jünger. Den Hauptanteil (120 Fälle, 59,4%) bilden Patienten mittleren Alters (26-64 Jahre). Details wie in der folgenden *Tabelle 1* dargestellt.

Tabelle 1: Altersstruktur Patientenkollektiv

Alter	Männlich	Weiblich	Gesamt
25 Jahre oder jünger	21	6	27
26 - 64 Jahre	94	26	120
65 Jahre oder älter	35	20	55
Gesamt	150	52	202

Aufnahmemodalität der Patienten

Die Erstbehandlung in der Universitätsmedizin Göttingen fand bei den meisten Patienten im Schockraum statt (n=157, 77,7%). 35 Patienten (17,3%) wurden aufgrund der präklinischen Einordnung in einen minderschweren Fall über die Notaufnahme aufgenommen und behandelt, bei 10 Patienten (5%) fand sich keine Angabe über die Einlieferungsmodalität. Die Mehrheit der Patienten (147

Patienten, 72,8%) wurde in notärztlicher Begleitung ins Klinikum gebracht. 17 Patienten (8,4%) wurden von nicht-ärztlichem Rettungsdienstpersonal begleitet, 6 Patienten (3%) sind eigenständig zur Behandlung ins Klinikum gekommen. 29 Patienten (14,4%) wurden primär in einem Krankenhaus mit geringerer Versorgungsstufe aufgenommen und später aufgrund der Schwere ihrer Verletzungen sekundär in die Universitätsmedizin Göttingen verlegt. Bei der Einlieferung waren 77 Patienten intubiert (38,1%), dies beinhaltet auch die verlegten Patienten, wie aus der nachfolgenden *Tabelle 2* ersichtlich.

Tabelle 2: Aufnahmemodalität in der Universitätsmedizin Göttingen

Weg in die Universitätsmedizin Göttingen	Anzahl	Intubiert
Notärztliche Begleitung	147 (72,8%)	64
Begleitung Rettungssanitäter	17 (8,4%)	0
Eigenständig	6 (3%)	0
Verlegt aus Krankenhaus mit niedrigerer Versorgungsstufe	29 (14,4%)	13
<i>fehlende Angabe</i>	3 (1,5%)	0
Gesamt	202 (100%)	77 (38,1%)

Entität des Traumas

Ursächlich für das Thoraxtrauma der Patienten war in den meisten Fällen ein Autounfall (56 Patienten, 27,7%), gefolgt von Stürzen und Motorradunfällen. Andere Unfälle wie Verkehrsunfälle als Fußgänger und Fahrradfahrer spielten eher eine untergeordnete Rolle, wie *Tabelle 3* zeigt.

Tabelle 3: Zu Grunde liegende Unfallart

Unfallart	n	%
Autounfall	56	27,7
Motorradunfall	30	14,9
Sturz (große Höhe (>1,5m))	52	25,7
Sturz (niedrige Höhe)	17	8,4
Verkehrsunfall (Fußgänger, Fahrradfahrer, o.ä.)	21	10,4
Andere	26	12,9

Stürze aus geringer Höhe – hierunter fallen Stolperstürze und Stürze von wenigen Treppenstufen oder einem Bordstein – traten signifikant häufiger bei Patienten über 65 Jahren auf ($p \leq 0,001$). Patienten mit einem Sturz aus geringer Höhe hatten signifikant häufiger leichtere Verletzungen, gemessen an einem ISS von ≤ 16 ($p \leq 0,001$). Ebenso haben signifikant mehr weibliche Patienten einen Sturz aus geringer Höhe erlitten ($p = 0,016$) oder einen PKW-Unfall gehabt ($p = 0,006$). Der Motorradunfall war signifikant häufiger bei männlichen Patienten vertreten ($p = 0,01$).

Verletzungsart und –schwere

Die Glasgow Coma Scale (GCS) ist eine Bewertung für Bewusstseins- und Hirnfunktionsstörungen nach einem Schädel-Hirn-Trauma mit den Parametern Augenöffnung, verbale Reaktion und motorische Reaktion. Für jeden Parameter werden Punkte vergeben. Die erreichbare Punktzahl liegt zwischen 3 und 15 und gibt Aufschluss über den Bewusstseinszustand des Patienten, wobei Werte von 3 bis 8 als schwere Bewusstseinsstörung, 9 bis 13 als mittelschwere und 14 bis 15 als leichte bzw. keine Bewusstseinsstörung interpretiert werden können. Der GCS wurde am Unfallort bei 174 Patienten (86,1 % des Gesamtkollektivs) dokumentiert. 132 dieser Patienten (75,9 %) hatten einen

GCS von 14 oder 15, 16 dieser Patienten (9,2 %) hatten einen GCS von 9-13 und 26 Patienten (14,9 % der dokumentierten Fälle) hatten einen GCS von 3-8. Um die Schwere der vorliegenden Verletzungen einzuordnen, wurde der Injury Severity Score (ISS) mithilfe des Abbreviated Injury Scale (AIS) bestimmt. Der niedrigste ISS-Wert lag bei 9, der höchste Wert bei 75. Der durchschnittliche ISS lag bei 21,8. Insgesamt haben 68 Patienten (33,7 %) ein minderschweres Trauma mit einem ISS von ≤ 16 erlitten. Die Mehrheit der Patienten (134 Patienten, 66,3 %) war hingegen schwerer verletzt und hatte einen ISS > 16 . Sie gelten damit definitionsgemäß als polytraumatisierte Patienten.

Bei der Auswertung des ISS im Bezug auf die Altersgruppen zeigt sich eine abnehmende Verletzungsschwere mit dem Alter. Patienten über 65 Jahren haben signifikant häufiger leichtere Verletzungen (ISS ≤ 16) ($p = 0,03$) im Vergleich zum Restkollektiv. Die Schwere der Verletzung steht jedoch in keinem signifikanten Zusammenhang zum Geschlecht. Details dazu finden sich in *Tabelle 4*.

Tabelle 4: Verteilung ISS

Alter der Patienten	Durchschnittlicher ISS	Anzahl Patienten mit ISS ≤ 16	Anzahl Patienten mit ISS > 16
≤ 25 Jahre	23,8	5 (2,5%)	22 (10,9%)
26 – 64 Jahre	22,3	38 (18,8%)	82 (40,6%)
≥ 65 Jahre	19,8	25 (12,4%)	30 (14,9%)
Gesamt	21,8	68 (33,7)	134 (66,3)

Es mussten 22 Patienten bei Aufnahme oder im weiteren Verlauf reanimiert werden (10,9 %). In 5 Fällen war die Reanimation erfolgreich, was lediglich 22,7% der reanimierten Patienten entspricht.

Verstorben sind insgesamt 22 Patienten (10,9 %). 13 Patienten (6,4 %) sind am Unfalltag oder Folgetag verstorben. In dieser Studie ist der Krankheitsverlauf bzw. Heilungsverlauf über einen Zeitraum von 21 Tagen beleuchtet worden. Für diese Analyse wurden Patienten, die am Unfalltag oder Folgetag verstorben

sind, nicht mitberücksichtigt, da die hierfür notwendigen Daten, beispielsweise über auftretende Komplikationen, Liegezeiten von Drainagen etc. nicht vorhanden waren und somit das Ergebnis verfälscht worden wäre. Die Zahl der dann betrachteten Patienten lag bei 189. Im Teilabschnitt Diagnostik wurden alle Patienten (n=202) berücksichtigt.

Weitere 9 Patienten (4,5 %) sind im Verlauf verstorben. Unter den Todesursachen war in keinem Fall ausschließlich der Pneumothorax bzw. Hämatothorax aufgeführt.

Aufenthaltsdauer

Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer der Patienten in der Universitätsmedizin Göttingen betrug 25 Tage. Wie oben bereits erwähnt, sind an Tag 0 oder 1 verstorbene Patienten für diesen Aspekt nicht berücksichtigt worden. Die mittlere Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation betrug 7 Tage, auf der Intermediate Care Station 10 Tage und 8 Tage auf der Normalstation. Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer korreliert mit dem ISS. So haben Patienten mit leichteren Verletzungen ($ISS \leq 16$) eine durchschnittliche Liegezeit von 16 Tagen, Patienten mit einem höheren ISS eine von 26,9 Tagen. Näheres ist dazu in *Tabelle 5* beschrieben.

Tabelle 5: Durchschnittliche Aufenthaltsdauer auf den Stationen

<i>ISS</i>	<i>Intensivstation</i>	<i>IMC</i>	<i>Normalstation</i>	<i>Gesamtdauer</i>
ISS \leq 16	2,2	7,8	6,1	16
ISS > 16	8,6	10	8,1	26,9
Alle Patienten	6,9	9,9	8	25

4.2 Verletzungsmuster und Therapie

Jeder in die Studie aufgenommene Patient erlitt entweder einen Pneumothorax, einen Hämatothorax oder einen Hämatothorax. Dabei ist es durchaus vorgekommen, dass ein Patient mehrere dieser Verletzungen aufzuweisen hatte wie beispielsweise einen Pneumothorax in der rechten Thoraxhälfte und einen Hämatothorax auf der linken Thoraxhälfte. Es wurden entsprechend dem Verletzungsmuster Kategorien entwickelt, um die Häufigkeit und die Verteilung der Pneumo- bzw. Hämatothoraces zu erfassen. Dabei zeigte sich, dass isoliert rechtsseitige Verletzungen in Form eines Pneumo- bzw. Hämatothorax häufiger vorgekommen sind als isolierte linksseitige Verletzungen (88 Patienten, 43,6 % vs. 75 Patienten, 37,1 %). Pneumo- bzw. Hämatothoraces an beiden Thoraxhälften sind bei 39 Patienten (19,3 %) aufgetreten. Die häufigste Verletzungsart war ein rechtsseitiger Pneumothorax (bei 65 Patienten, 32,2 %), gefolgt vom linksseitigen Pneumothorax (46 Patienten, 22,8 %). Ein bilateraler Pneumothorax ließ sich bei 19 Patienten (9,4 %) finden, ein Hämatothorax links bei 21 Patienten (10,4 %), ein Hämatothorax auf der rechten Seite bei 17 Patienten (8,4 %). Eine detaillierte Darstellung der verschiedenen Verletzungen findet sich in *Tabelle 6*.

Tabelle 6: Verteilung und Häufigkeit der Pneumo- bzw. Hämatothoraxverletzung

Verletzung	n (Patienten)	Prozent (%)	Drainage rechts	Drainage links	Drainage beide Seiten	Keine Drainage
Pneumothorax rechts	65	32.2	47 (72,3%)	1 (1,5%)	1 (1,5%)	18 (27,7%)
Pneumothorax links	46	22.8	1 (2,2%)	30 (65,2%)	1 (2,2%)	16 (34,8%)
Pneumothorax links, Hämatothorax links	21	10.4	0 (0 %)	17 (81 %)	0 (0 %)	4 (19%)
Pneumothorax bilateral	19	9.4	13	11	8	3

			(68,4%)	(57,9%)	(42,1%)	(15,8%)
Pneumothorax rechts, Hämatothorax rechts	17	8.4	16 (94,1%)	0 (0 %)	0 (0 %)	1 (5,9%)
Hämatothorax links	8	4.0	0 (0%)	5 (62,5%)	0 (0 %)	3 (37,5%)
Sowohl Pneumothorax als auch Hämatothorax bilateral	7	3.5	4 (57,1 %)	5 (71,4 %)	4 (57,1%)	2 (28,6%)
Hämatothorax rechts	6	3.0	6 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Pneumothorax bilateral, Hämatothorax rechts	3	1.5	3 (100 %)	1 (33,3%)	1 (33,3%)	0 (0 %)
Pneumothorax bilateral, Hämatothorax links	3	1.5	1 (33,3%)	2 (66,7%)	0 (0 %)	0 (0 %)
Pneumothorax rechts, Hämatothorax links	3	1.5	0 (0 %)	1 (33,3%)	0 (0 %)	2 (66,7%)
Hämatothorax bilateral	2	1	1 (50%)	1 (50%)	1 (50%)	1 (50%)
Pneumothorax links, Hämatothorax bilateral	2	1	1 (50%)	1 (50%)	1 (50 %)	1 (50%)

Drainagetherapie

Da ein Patient mehr als eine Diagnose haben konnte (z. B. Hämatothorax auf der einen, Pneumothorax auf der anderen Thoraxseite), gibt es in unserer Studie mehr Diagnosen als Patienten. Es gab insgesamt 158 reine Pneumothoraces bei 139 Patienten, sowohl bi- als auch unilateral. 55 (34,8 %) dieser diagnostizierten Pneumothoraces sind als klein eingeschätzt worden und konservativ ohne Drainage behandelt worden. Bei der Einschätzung der Größe des Pneumothorax handelt es sich um einen subjektiven Wert, der methodenbedingt entstanden ist, da die Daten retrospektiv erhoben wurden. Die Einschätzung der Größe oblag dem jeweiligen behandelnden Chirurgen und wurde vorab naturgemäß nicht definiert. 103 Pneumothoraces (65,2 %) sind durch Thoraxdrainage behandelt worden. Isolierte Hämatothoraces sind 23 Mal bei 21 Patienten aufgetreten. 8 davon (34,8 %) sind ohne eine Drainage behandelt worden, 15 Hämatothoraces (65,2 %) wurden drainiert. Hämatopneumothoraces wurden insgesamt 60 bei 53 Patienten nachgewiesen. Hier wurden nur 12 (20 %) ohne Drainage behandelt, 48 (80 %) bekamen eine

Drainage. Einige Patienten erhielten auch oder sogar ausschließlich auf der nicht verletzten Thoraxseite eine Drainage, wie aus *Tabelle 6* hervorgeht. Gründe hierfür waren beispielsweise Ergüsse, die aufgrund der Größe oder der Symptomatik die Anlage einer Thoraxdrainage erforderlich machten. Die Anzahl der Patienten, bei denen die Anlage einer Drainage auf der unverletzten Seite notwendig war, war in unserer Studie allerdings zu gering, um daraus weitere Zusammenhänge beispielsweise mit der Größe des ISS oder bestimmten Verletzungsmustern ableiten zu können.

Fasst man alles zusammen, so gab es 241 Befunde. 166 Befunde sind mit einer Drainage behandelt worden, was 68,9 % entspricht.

Ein Spannungspneumothorax bzw. Spannungshämatopneumothorax trat bei 18 Patienten auf (8,9 %)

Demographische Zusammenhänge mit dem Verletzungsmuster

Zwischen dem Auftreten eines bestimmten Verletzungsmusters, wie beispielsweise eines reinen Pneumothorax, und dem Geschlecht gibt es keinen signifikanten Zusammenhang. Hingegen gibt es einen Zusammenhang mit dem Alter. Reine Pneumothoraxverletzungen treten signifikant seltener bei den über 65-jährigen Patienten auf ($p = 0,005$). Zudem treten bei den über 65-jährigen Patienten signifikant häufiger ($p = 0,003$) reine Hämatothoraxverletzungen auf. In dieser Berechnung mussten 11 Patienten ausgeschlossen werden, da sie aufgrund mehrerer Diagnosen nicht in die Kategorie reine Pneumothoraxverletzung, reiner Hämatothorax oder ausschließlich Hämatopneumothorax zuzuordnen waren. Details dazu in *Tabelle 6 und 7*. Beidseitige Verletzungen treten signifikant häufiger bei den jungen Patienten bis zu 25 Jahren auf ($p = 0,048$). Einseitige Verletzungen treten tendenziell gehäuft ab 66 Jahren auf ($p = 0,064$). Näheres dazu in *Tabelle 7*.

Tabelle 7: Altersverteilung und Häufigkeit der Pneumo- bzw. Hämatothoraxverletzung

Verletzung	n (Patienten)	Prozent (%)	Alter		
			0-25 Jahre (% der Patienten dieser Gruppe)	26-64 Jahre (% der Patienten dieser Gruppe)	65 Jahre oder älter (% der Patienten dieser Gruppe)
Pneumothorax rechts	65	32.2	8 (29,6%)	39 (32,5 %)	18 (32,7 %)
Pneumothorax links	46	22.8	6 (22,2%)	30 (25 %)	10 (18,2 %)
Pneumothorax links, Hämatothorax links	21	10.4	1 (3,7%)	14 (11,7 %)	6 (10,9 %)
Pneumothorax bilateral	19	9.4	5 (18,5 %)	14 (11,7%)	0 (0 %)
Pneumothorax rechts, Hämatothorax rechts	17	8.4	3 (11,1 %)	8 (6,7%)	6 (10,9 %)
Hämatothorax links	8	4.0	0 (0 %)	2 (1,7 %)	6 (10,9 %)
Sowohl Pneumothorax als auch Hämatothorax bilateral	7	3.5	1 (3,7%)	3 (2,5 %)	3 (5,5 %)
Hämatothorax rechts	6	3.0	0 (0 %)	3 (2,5 %)	3 (5,5%)
Pneumothorax bilateral, Hämatothorax rechts	3	1.5	1 (3,7%)	1 (0,8 %)	1 (1,8 %)
Pneumothorax bilateral, Hämatothorax links	3	1.5	1 (3,7%)	2 (1,7 %)	0 (0%)
Pneumothorax rechts, Hämatothorax links	3	1.5	1 (3,7%)	1 (0,8%)	1 (1,8%)
Hämatothorax bilateral	2	1	0 (0 %)	1 (0,8%)	1 (1,8%)
Pneumothorax links, Hämatothorax bilateral	2	1	0 (0 %)	2 (1,7%)	0 (0%)

Zusammenhang Unfallart und Verletzungsmuster

Für bestimmte Verletzungsmuster konnte eine Korrelation mit dem Unfallhergang festgestellt werden. Patienten, bei denen die Verletzung durch einen Sturz aus geringer Höhe entstanden ist, haben, gemessen am ISS, signifikant häufiger leichtere Verletzungen ($p \leq 0,001$). Der Pneumothorax und/oder Hämatothorax ist signifikant häufiger auf nur einer Thoraxseite aufgetreten ($p = 0,048$). Zudem führten Stürze aus geringer Höhe vor allem zu Thoraxverletzungen im Sinne eines Pneumothorax und/oder Hämatothorax auf der rechten Seite ($p = 0,034$).

Bei einem PKW-Unfall gibt es häufiger als erwartet eine alleinige linksseitige Verletzung ($p = 0,006$). Messerstichverletzungen führten signifikant häufiger zu einer Hämatothoraxverletzung ($p = 0,013$). Zu beachten ist hier allerdings die geringe Fallzahl (7 Patienten). Ein Spannungspneumothorax tritt signifikant häufiger bei einem Sturz aus großer Höhe auf ($p = 0,011$).

Begleitverletzungen

Unter den Begleitverletzungen spielen die Rippenfrakturen eine wichtige Rolle. Zum einen ist die Rippenserienfraktur ein wichtiger Indikator zur Bemessung des Schweregrades des gesamten Traumas des Patienten. Sie findet starke Berücksichtigung bei der Berechnung des ISS. Zum anderen sind sie bei sehr vielen unserer untersuchten Patienten aufgetreten. Bei 131 Patienten gab es Rippenserienfrakturen. 60 Patienten (29,7 %) hatten rechts eine Serienfraktur, 50 Patienten (24,8 %) hatten links eine Serienfraktur und 21 Patienten (10,4 %) hatten auf beiden Thoraxseiten eine Serienfraktur. Die jungen Patienten (bis zu 25 Jahre) hatten signifikant seltener Serienfrakturen ($p \leq 0,001$). Patienten, die über 65 Jahre alt waren, hatten signifikant häufiger Rippenserienfrakturen ($p = 0,041$). Bei leichter verletzten Patienten ($ISS \leq 16$) ließ sich keine Signifikanz im Bezug auf die Häufigkeit des Auftretens von Rippenserienfrakturen feststellen. Nähere Informationen dazu in *Tabelle 8*.

Tabelle 8: Verteilung der Rippenfrakturen

Verletzungsmuster Rippenfrakturen	n (Patienten)	(%)
Serienfraktur rechts	54	26,7
Serienfraktur links	42	20,8
Keine Rippenfraktur	27	13,4
Serienfraktur beidseits	21	10,4
Einzelne Fraktur(en) rechts	20	9,9
Einzelne Fraktur(en) links	14	6,9
Einzelne Fraktur(en) beidseits	9	4,5
Einzelne Fraktur(en) rechts, Serienfraktur links	8	4
Einzelne Fraktur(en) links, Serienfraktur rechts	6	3
Keine eindeutige Angabe	1	0,5

4.3 Analyse der bildgebenden Diagnostik

Einen Schwerpunkt dieser Arbeit stellt die Auswertung des diagnostischen Prozesses beim traumatischen Pneumothorax dar. Es wurde detailliert ausgewertet, in welcher Reihenfolge Röntgenbilder oder CT-Untersuchungen angefertigt wurden und zu welchem Zeitpunkt und mit welcher Art der Diagnostik der Pneumothorax bzw. Hämatothorax erkannt werden konnte. Durch klinische Untersuchung noch am Unfallort diagnostiziert wurde der Pneumothorax bei 13 Patienten (6,4 %). Bei 84 Patienten (41,6 %) konnte die Diagnose mittels eines Röntgenbildes gestellt werden. Bei 44 Patienten (21,8 %) wurde eine Röntgendiagnostik durchgeführt, die Verletzung aber erst im sich anschließenden CT erkannt. Bei weiteren 5 Patienten (2,5 %) wurde die Diagnose bei der Betrachtung des Röntgenbildes vermutet, musste aber durch ein CT verifiziert werden. In 28 Fällen (13,8 %) wurde ein CT durchgeführt, bevor eine Röntgenuntersuchung des Thorax durchgeführt wurde. Hier lässt sich nicht beurteilen, ob die Diagnose mittels Röntgenaufnahme zu stellen gewesen wäre. Bei 6 Patienten (3 %) konnte nur ein Teil der endgültigen

Diagnose mittels Röntgenbild korrekt gestellt werden, so wurde beispielsweise ein Hämatothorax erkannt, ein Pneumothorax jedoch nicht gesehen. In 16 Fällen war die Art der Diagnosestellung nicht ausreichend dokumentiert, beispielsweise dadurch, dass keine Uhrzeit bei der Röntgenuntersuchung angegeben war. Darüber hinaus ließ sich bei 6 Patienten (3 %), bei denen die Diagnose in einem anderen Krankenhaus gestellt wurde nicht eindeutig klären, auf welche Art dies geschah da hier ebenfalls der genaue Zeitpunkt der einzelnen Untersuchungen nicht dokumentiert wurde. Details finden sich in *Tabelle 9*.

Setzt man die Art der Diagnosestellung mit dem Alter in Verbindung, so fällt auf, dass bei den über 65-jährigen Patienten 60 % der Diagnosen, signifikant häufiger als in den anderen Altersgruppen ($p = 0,001$), schon über ein Röntgenbild korrekt gestellt werden konnten. Zum Vergleich dazu wurden bei den Patienten bis 25 Jahre nur 22,2 % der Diagnosen per Röntgenbild gestellt. *Tabelle 9* führt noch einmal die Diagnosestellung und das Alter auf.

Tabelle 9: Art der Diagnosestellung in verschiedenen Altersgruppen (in %)

Diagnose gestellt durch	Patienten (%)	≤ 25 Jahre (% in dieser Altersgruppe)	26 – 64 Jahre (% in dieser Altersgruppe)	≥ 65 Jahre (% in dieser Altersgruppe)
Röntgenbild vor CT	46 (22.7)	4 (14.8)	26 (21.6)	16 (29.1)
CT nach vorherigem unauffälligem Röntgenbild	44 (21.8)	8 (29.6)	31 (25.8)	5 (9.1)
Röntgenbild alleine	38 (18.8)	2 (7.4)	19 (15.8)	17 (30.9)
CT ohne vorheriges Röntgenbild	28 (13.8)	6 (22.2)	16 (13.3)	6 (10.9)
Diagnose ohne Bildgebung (klinisch)	13 (6.4)	0 (0)	10 (8.3)	3 (5.5)

Anderes Krankenhaus	6 (3)	2 (7.4)	3 (2.5)	1 (1.8)
Zum Teil über das Röntgenbild	6 (3)	1 (3.7)	4 (3.3)	1 (1.8)
CT bei zuvor als auffällig gewertetes Röntgenbild	5 (2.5)	1 (3.7)	4 (3.3)	0 (0)
Nicht dokumentiert	16 (7.9)	3 (11.1)	7 (5.8)	6 (10.9)
Total	202	27	120	55
Verletzung im Röntgenbild zu sehen	84 (41.6)	6 (22.2)	45 (37.5)	33 (60.0)
Verletzung nicht im Röntgenbild zu erkennen	44 (21.8)	8 (29.6)	31 (25.8)	5 (9.1)

Wir haben in unserer Studie untersucht, inwieweit die Art der Diagnosestellung eine Therapie mit einer Thoraxdrainage nach sich zieht. Dabei haben wir ein besonderes Augenmerk darauf gerichtet, wie oft eine Thoraxdrainage gelegt wurde, sofern zunächst angefertigte Röntgenbilder als unauffällig eingestuft wurden (Vgl. Tabelle 10).

Wurde die Diagnose des Pneumothorax und/oder Hämatothorax durch ein Röntgenbild vor der Anfertigung eines CTs gestellt, so wurden 86,9 % dieser Patienten mit einer Thoraxdrainage behandelt. Bei den Patienten, bei denen ein CT nach einem zuvor unauffälligem Röntgenbild angefertigt wurde, erhielten 68,2 % dieser Patienten eine Thoraxdrainage. Wurde mit einem Röntgenbild diagnostiziert ohne im weiteren Verlauf ein CT anzufertigen, so erhielten 42,1 % der Patienten eine Thoraxdrainage. Näheres dazu findet sich in Tabelle 10.

Tabelle 10: Art der Diagnosestellung in Zusammenhang mit Thoraxdrainagetherapie (in %)

Diagnose gestellt durch	Patienten (%)	Mit Thoraxdrainage behandelt (% der jeweiligen Patientengruppe)
Röntgenbild vor CT	46 (22.7)	40 (86.9)
CT nach vorherigem unauffälligem Röntgenbild	44 (21.8)	30 (68.2)
Röntgenbild alleine	38 (18.8)	16 (42.1)
CT ohne vorheriges Röntgenbild	28 (13.8)	21 (75.0)
Diagnose ohne Bildgebung (klinisch)	13 (6.4)	13 (100)
Anderes Krankenhaus	6 (3)	6 (100)
Zum Teil über das Röntgenbild	6 (3)	6 (100)
CT bei zuvor als auffällig gewertetes Röntgenbild	5 (2.5)	5 (100)
Nicht dokumentiert	16 (7.9)	9 (56.3)
Total	202	146 (72.2)
Verletzung im Röntgenbild zu sehen	84 (41.6)	56 (66.7)
Verletzung nicht im Röntgenbild zu erkennen	44 (21.8)	30 (68.2)

Im Folgenden wurden als Subgruppe die 128 Patienten, bei denen ganz eindeutig mit einem Röntgenbild diagnostiziert oder auch ganz eindeutig *nicht* mit einem Röntgenbild diagnostiziert werden konnte, für weitere Berechnungen herangezogen. Dabei zeigte sich, dass ein Sturz aus geringer Höhe signifikant häufiger als erwartet ausreichend mit einem Röntgenbild diagnostiziert werden konnte ($p = 0,035$). Die Analyse anderer Unfallhergänge lieferte keine solche

Signifikanz. Die Diagnose ließ sich bei leichter verletzten Patienten ($ISS \leq 16$) signifikant häufiger mit einem Röntgenbild stellen ($p = 0,049$). Dieses Ergebnis wird gestützt dadurch, dass auch bei Patienten, die am Unfallort einen Glasgow Coma Scale von 14 oder 15 hatten, signifikant häufiger ($p = 0,021$) ein Pneumo-Hämato-Thorax mit einem Röntgenbild diagnostiziert werden konnte. Bei Patienten mit einem GCS von 9 - 13 konnte signifikant häufiger nicht ausreichend sicher mit einem Röntgenbild diagnostiziert werden ($p = 0,041$). Hatte ein Patient eine beidseitige Thoraxverletzung, konnte die Diagnose ebenfalls signifikant häufiger nicht mit dem Röntgenbild gestellt werden ($p = 0,023$). Insgesamt ist ein reiner Pneumothorax tendenziell nicht im Röntgenbild gesehen worden ($p = 0,051$) Für die anderen Verletzungen, wie beispielsweise Hämatothorax, gab es keine signifikanten Ergebnisse.

Bei Patienten, die nicht über den Schockraum der UMG aufgenommen wurden, konnte signifikant häufiger über ein Röntgenbild diagnostiziert werden ($p \leq 0,001$). Das mittlere Alter der Patienten, bei denen mit einem Röntgenbild diagnostiziert wurde, lag bei 58,3 Jahren, das durchschnittliche Alter derjenigen, bei denen das Röntgenbild alleine nicht ausreichte, war 46,8 Jahre.

Unter den Patienten, bei denen nicht mit einem Röntgenbild diagnostiziert werden konnte, waren die Patienten signifikant häufiger intubiert ($p = 0,022$).

Wir haben in unserer Studie die CT-Aufnahmen von Patienten mit einem okkulten Pneumothorax und/oder Hämatothorax, also einer Verletzung, die nicht über ein Röntgenbild diagnostiziert werden konnte, genauer analysiert. Dazu haben wir in den CT-Aufnahmen die Größe der okkulten Pneumothoraces ausgemessen. Insgesamt handelte es sich dabei um 44 okkulte Befunde. Zur Bestimmung der Größe des Befundes wurde die jeweils größte Ausdehnung eines Pneumothorax in axialer Schichtung gemessen. Diese lag im Mittel bei 2,62 cm auf der rechten Seite und 3,12 cm auf der linken Seite. Die kleinste Ausdehnung, die bei dieser Analyse ausgemessen werden konnte, lag bei 0,5 cm, der größte Befund hatte eine Ausdehnung von 9,5 cm. Neben der Größe haben wir auch die Lokalisation solcher primär nicht über ein Thoraxbild zu diagnostizierenden Pneumothoraces überprüft. In 43 von 44 Fällen (97,7 % der okkulten Befunde) befand sich der Pneumothorax an der ventralen Thoraxwand. In einem Fall (2,3 %) war der Befund an der lateralen Thoraxwand lokalisiert. 19 der okkulten Befunde (43,2 %) befanden sich auf der rechten

Thoraxseite, 25 der okkulten Befunde befanden sich auf der linken Thoraxseite (56,8 %). Insgesamt haben 30 der 44 Patienten, die einen okkulten Befund aufwiesen, eine Thoraxdrainage bekommen (68,2 %).

4.4 Verlauf

Im Rahmen der Verlaufskontrolle während des stationären Aufenthaltes in der UMG (Betrachtungszeitraum bis zum 21. Tag) wurden bei allen Patienten, die nicht am Aufnahmetag oder Folgetag verstorben sind, durchschnittlich 8,4 Röntgenbilder angefertigt. Im Schnitt wurden dabei 5,6 Liegendaufnahmen und 1,1 seitliche Stehendaufnahmen gemacht; die restlichen Aufnahmen waren Stehendaufnahmen mit posterior-anteriorem Strahlengang. Bei 139 Patienten (68,3%) wurde am Aufnahmetag ein CT, entweder ein Polytrauma-CT oder ein Thorax-CT angefertigt. Im weiteren Verlauf wurden bei 47 Patienten 53 weitere CTs angefertigt, deren Indikation aber nicht ausschließlich der Pneumothorax und/oder Hämatothorax war.

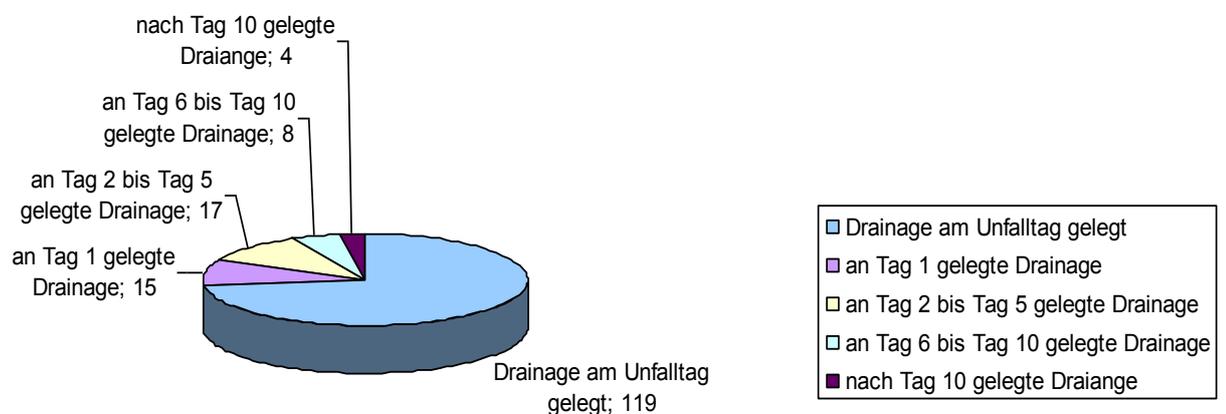
In der vorangegangenen Auswertung ist schon dargestellt worden, welche und wieviele Befunde mit einer Drainage versorgt wurden. Im Folgenden geht es darum, zu welchem Zeitpunkt eine Drainage gelegt wurde und wie lange sie lag. Für diese Berechnung wurden, da es sich um eine Auswertung des Verlaufs handelt, wieder die Patienten, die am Unfall- oder am Folgetag verstorben sind, ausgeschlossen. Bei den verwendeten Drainagen handelte es sich in allen Fällen um Bülau-Drainagen. Der Zeitpunkt des Beginns der Drainagetherapie war im Mittel an Tag 1,1, wobei 73% der Drainagen (119 von 163 Drainagen, bei denen der genaue Zeitpunkt der Einlage bekannt war) direkt am Unfalltag, also Tag 0 gelegt wurden (*Vgl. Graph 1*).

Der Zeitpunkt des Beginns der Drainagetherapie war bei Patienten mit einem $ISS \leq 16$ durchschnittlich an Tag 1,5. Bei Patienten mit einem ISS über 16 wurden die Drainagen im Mittel an Tag 0,7 gelegt. Die Drainagen lagen im Mittel 7,3 Tage. Bei den Patienten mit einem $ISS \leq 16$ lagen sie durchschnittlich

6,8 Tage, bei Patienten mit einem ISS von über 16 lagen sie durchschnittlich 7,9 Tage. Bei den Patienten, die einen reinen Pneumothorax hatten, lag die Drainage im Mittel 7,5 Tage, bei Patienten mit einem Hämatothorax oder Hämatothorax 7,1 Tage.

Bei 12 Patienten (6,3 % der Patienten, die nicht am Unfalltag oder Folgetag verstorben sind) wurde im Verlauf des Klinikaufenthaltes eine zusätzliche Drainage auf der verletzten, schon drainierten Seite gelegt.

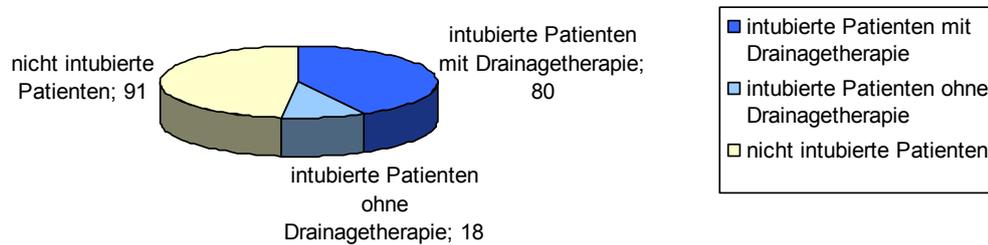
Graph 1: Zeitpunkt des Legens der Drainage



Von den 189 Patienten, bei denen der Verlauf genauer untersucht wurde, waren 98 Patienten (51,9 %) intubiert. Im Mittel dauerte die Beatmung 6,1 Tage. 39,2 % der intubierten Patienten (n=38) waren nur 24-48 Stunden lang intubiert. Eine Tracheotomie war bei insgesamt 17 Patienten (9 %) erforderlich und fand im Mittel an Tag 12 statt. Von den intubierten Patienten haben 80 Patienten (81,6 %) eine Drainage bekommen. 18 Patienten (18,4 %) waren intubiert, bekamen aber keine Thoraxdrainage.

Der prozentuale Anteil an Patienten, die intubiert werden mussten, war signifikant höher bei Patienten, die einen Spannungspneumothorax und/oder einen Hämatothorax mit Spannungskomponente aufwiesen ($p = 0,013$).

Ebenfalls signifikant häufiger intubiert werden mussten Patienten mit einer Lungenkontusion als Begleitverletzung ($p = 0,003$).



Zum Teil haben Patienten im Therapieverlauf eine unterstützende CPAP-Beatmung bekommen, ohne zu dieser Zeit intubiert oder tracheotomiert gewesen zu sein. In unserer Studie waren das 87 Patienten (46 % der Patienten, bei denen der Verlauf analysiert wurde). Die unterstützende Beatmung startete durchschnittlich am 5. Tag nach dem Unfall und dauerte im Mittel 8,1 Tage. Unter den Patienten, die eine CPAP-Beatmung bekamen, waren signifikant häufiger Patienten, die zuvor intubiert gewesen waren ($p = 0,013$).

Patienten, die eine CPAP-Unterstützung erhielten, bekamen auch signifikant häufiger eine Atemcoach-Therapie ($p = 0,002$). Die allgemeine Schwere der Verletzungen, gemessen am ISS, spielte statistisch gesehen keine Rolle bei der Wahl der unterstützenden Beatmung. Hingegen wurden Patienten, die einen Erguss hatten, signifikant häufiger unterstützend mit CPAP beatmet ($p = 0,043$). Das gleiche ließ sich bei Patienten mit einer Lungenkontusion die bei 70 Patienten ($n = 202, 34,7\%$) diagnostiziert wurde, feststellen; sie wurden ebenfalls signifikant häufiger unterstützend beatmet ($p = 0,013$). Eine CPAP-Beatmung wurde auch signifikant häufiger bei den Patienten durchgeführt, bei denen die Diagnose nicht über das Röntgenbild gestellt wurde ($p = 0,012$).

Es konnten keine signifikanten Ergebnisse zwischen der unterstützenden CPAP-Beatmung und der Gesamtdauer des Klinikaufenthaltes der Patienten festgestellt werden. Die Gruppe der Patienten, die eine CPAP-Beatmung erhielten war allerdings bezüglich ihrer Begleitverletzungen und Vorerkrankungen sehr inhomogen.

In der Studie wurden die Medikamenteneinnahmen der Patienten über einen Zeitraum von 21 Tagen detailliert analysiert und protokolliert. Es wurden die verabreichten Wirkstoffe in Gruppen eingeteilt (z. B. Beta-Blocker, ACE-Hemmer, Diuretika, NSAR, Opiate, etc.). Es wurde versucht, Zusammenhänge zwischen der Einnahme bestimmter Medikamente und dem Auftreten von Komplikationen, Drainagenliegezeiten oder Verweildauer herzustellen. Aufgrund der hohen Variabilität der Medikation und des für diese spezielle Fragestellung zu kleinen Patientenkollektivs konnten auch nach Gruppierung einzelner Wirkstoffklassen keine Signifikanzen in Bezug auf das Auftreten eines Ergusses oder den anderen untersuchten Variablen festgestellt werden. Diese Feststellung entsprach somit durchaus den Erwartungen.

4.5 Komplikationen

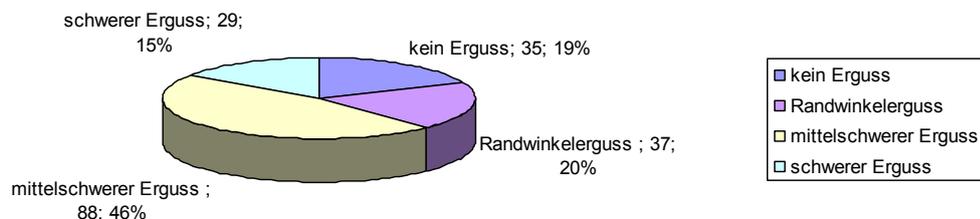
Bei dem Patientenkollektiv, bei dem wir den Verlauf analysiert haben, wurde auch das Auftreten bestimmter Komplikationen während des stationären Aufenthaltes beobachtet. Dafür wurde ein Zeitraum von 21 Tagen analysiert. Zu den Komplikationen, die in diesem Zeitraum aufgetreten sind, haben wir zum einen das erneute Auftreten eines erneuten Pneumothorax, das Vorliegen eines Ergusses oder einer Pneumonie sowie generelle Infektionen gezählt.

Ein im Verlauf der Behandlung nach Entfernung der Drainage wieder neu aufgetretener Pneumothorax wurde bei 11 Patienten beobachtet (n = 189 (Patientenkollektiv für die Verlaufsbeobachtung), 5,8 %). Es konnte kein signifikanter Zusammenhang mit anderen erhobenen Daten wie beispielsweise der unterstützenden CPAP-Beatmung gefunden werden.

Ein im Röntgenbild sichtbarer Pleuraerguss ist bei 154 Patienten aufgetreten, was bei allen nicht innerhalb der ersten 24 Stunden verstorbenen Patienten (189) einen Anteil von 81,5% ausmacht. Der Erguss ist bei 37 Patienten (19,6 %) als leichter Erguss (Randwinkelerguss) gewertet worden. Bei 88 Patienten (46,6 %) ist er in einer mittelstarken Ausprägung mit einer Verschattung der Lunge von bis zu 50 % aufgetreten. 29 Patienten (15,3 %) hatten einen

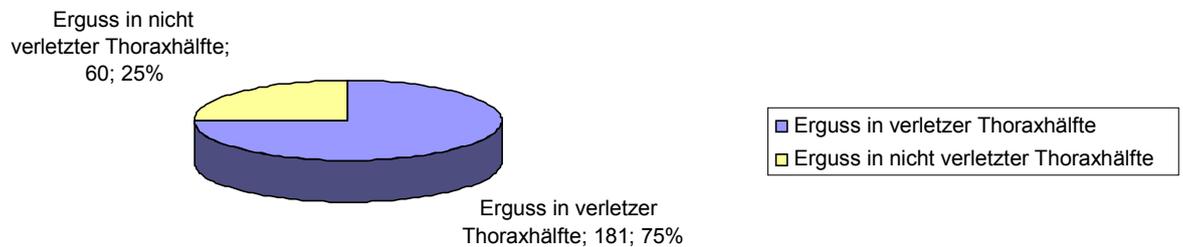
schweren Erguss mit einer fast oder vollständig verschatteten Lunge. Die Ergüsse traten nicht nur auf der Seite mit einer Thoraxverletzung auf, sondern waren teilweise auch auf der nicht direkt durch das Trauma verletzten Seite zu sehen (Vgl. Graph 4).

Der Graph 3 verdeutlicht, dass nur ein kleiner Teil der Patienten unserer Studie keinen Erguss entwickelt hat. Insbesondere der Anteil an mittelschweren oder schweren Ergüssen ist sehr hoch und zeigt somit die Bedeutung einer Ergussbildung im Hinblick auf Komplikationen, die während des Heilungsverlaufs eines traumatischen Pneumothorax oder Hämatothorax auftreten.



Unter allen Patienten mit im Verlauf aufgetretenen Pleura-Ergüssen fanden sich 181 verletzte Thoraxhälften mit Pneumothorax, Hämatothorax oder Pneumohämatothorax. Bei diesen Patienten wurden Pleuraergüsse in insgesamt 241 Thoraxhälften festgestellt (Vgl. Graph 3). Somit traten rund ein Viertel der Ergüsse (60 Ergüsse, 24,9 % aller Ergüsse) in Lungenhälften auf, die ursprünglich keinen pathologischen Befund hatten und somit als nicht verletzt galten. Die Ergüsse waren signifikant häufiger bei Männern zu finden ($p = 0,017$). Des Weiteren hatten signifikant mehr Patienten über 65 Jahren einen Erguss ($p = 0,049$).

Graph 4: Verteilung der Ergussbildung im Hinblick auf die verletzten Thoraxhälften



Es gab keinen Zusammenhang zwischen bestimmten Unfallarten und dem Auftreten eines Ergusses. Es konnte kein Zusammenhang zwischen einer dokumentierten Vorerkrankung des Patienten wie beispielsweise Diabetes mellitus oder einer Lungenvorerkrankung wie COPD (chronic obstructive pulmonary disease) gefunden werden, wobei die Zahl der Patienten, die Lungenvorerkrankungen oder Diabetes mellitus aufwiesen, sehr gering war und das Ergebnis kritisch betrachtet werden sollte. Eine Intubation scheint keinen Einfluss darauf zu haben, ob ein Erguss auftritt oder nicht. Patienten mit einer Tracheotomie hingegen hatten signifikant häufiger einen Pleuraerguss ($p = 0,034$). Bei einem Hämatothorax konnte signifikant häufiger ein Erguss beobachtet werden ($p = 0,044$). Das Vorliegen einer Spannungskomponente hat keinen Einfluss auf das Auftreten eines Ergusses gehabt, ebenso wenig die Medikation oder die Vormedikation der Patienten. Aufgefallen ist der Erguss bei den in der UMG behandelten Patienten im Mittel an Tag 2 nach dem Unfall.

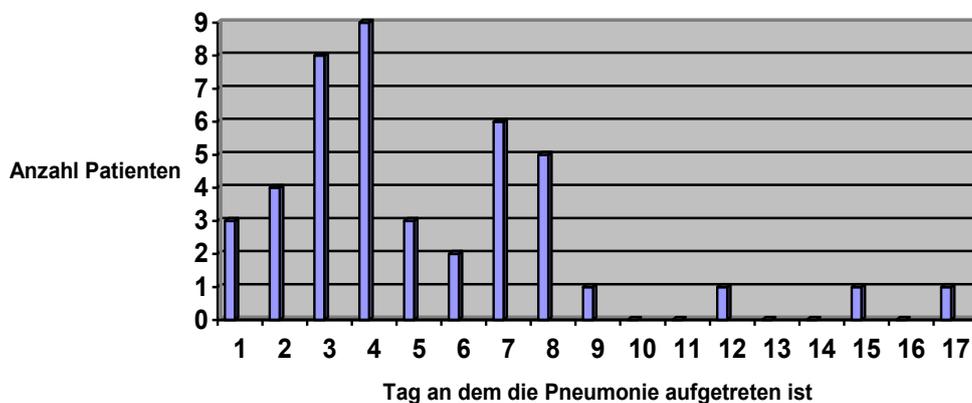
Eine Pneumonie ist bei 44 Patienten ($n = 189$, 23,3 %) diagnostiziert worden. Die Diagnose wurde entweder über einen pneumoniespezifischen Röntgenbefund oder über einen positiven Keimnachweis im Abstrich eines Trachealsekrets gestellt. Als Tag des Auftretens der Pneumonie wurde das Datum der Röntgenaufnahme bzw. der Tag des Abstrichs angenommen. Bei 17 Patienten (38,6 % der Patienten der Pneumoniegruppe) ist die Pneumonie an Tag 3 oder 4 vermutet worden. Bei weiteren 11 Patienten (25 % der

Pneumoniepatienten) trat die Pneumonie an Tag 7 oder 8 in Erscheinung, veranschaulicht dargestellt in *Tabelle 11 und Graph 1*.

Tabelle 11: Aufgetretene Pneumonie

Diagnosestellung einer Pneumonie am Aufenthaltstag	Anzahl der Patienten mit Pneumonie	Anteil aller Patienten mit Pneumonie in %
1	3	6,8
2	4	9,1
3	8	18,2
4	9	20,5
5	3	6,8
6	2	4,5
7	6	13,6
8	5	11,4
9	1	2,3
12	1	2,3
15	1	2,3
17	1	2,3
Gesamte Patientenzahl mit Pneumonie	44	

Graph 5: Zeitpunkt der Erstdiagnose einer Pneumonie



Patienten mit einer Hämatothoraxverletzung entwickelten signifikant häufiger eine Pneumonie ($p = 0,003$). Ebenfalls signifikant häufiger hatten Patienten, die eine Verletzung mit Spannungskomponente aufwiesen, also einem Spannungspneumothorax oder einem Spannungshämatopneumothorax, eine Pneumonie ($p = 0,050$). Bei den Patienten dieser Studie steht die Pneumonie in keinem Zusammenhang zu der allgemeinen Schwere der Verletzungen, gemessen am ISS. Patienten, die eine Pneumonie entwickelten, sind allerdings signifikant häufiger als Patienten ohne Pneumonie intubiert gewesen ($p \leq 0,001$). Patienten, die eine unterstützende CPAP-Beatmung erhielten, entwickelten tendenziell (nicht signifikant) häufiger als Patienten ohne diese Atemunterstützung eine Pneumonie.

Des Weiteren haben signifikant mehr Patienten mit einem Erguss auch eine Pneumonie als Koinzidenz gehabt ($p = 0,022$). Von den 44 Patienten mit einer Pneumonie hatten 36 Patienten Fieber von mindestens 38 °C (81,8 %), 8 Patienten hatten trotz Pneumonie kein Fieber (18,2 %).

In unserer Studie wurden die gesamten Fieberkurven aller Patienten betrachtet und ausgewertet. Fieber von mindestens 38 °C hatten insgesamt 93 Patienten (49,2%). Von den Patienten mit Fieber hatten 38,7 % (36 Patienten) eine Pneumonie. 61,3 % (57 Patienten) hatten eine andere Infektion, die zu dem Fieber geführt hat. Patienten mit Fieber sind signifikant häufiger intubiert gewesen ($p \leq 0,001$). Des Weiteren hatten Patienten die einen ISS von über 16 hatten, signifikant häufiger Fieber ($p = 0,005$), wobei die Ursache davon sowohl eine Pneumonie als auch eine andere Begleitverletzung bzw. Infektion gewesen sein kann.

5 Diskussion

Die Verletzungsentität des traumatischen Pneumothorax bzw. Hämatothorax stand in der Vergangenheit nicht ausreichend im Zentrum traumatologischer Forschungsbemühungen. Von vielen Chirurgen wird der traumatische Pneumothorax im Rahmen der Patientenbehandlung als Nebendiagnose betrachtet, dem nach Anlage einer Thoraxdrainage im weiteren klinischen Verlauf wenig Beachtung geschenkt wird. Auch im wissenschaftlichen Kontext stehen andere Aspekte des traumatisierten Patienten im Vordergrund, entsprechend wenige Studien, die sich ausschließlich mit dem traumatischen Pneumothorax beschäftigen, sind verfügbar. Insbesondere ist die Datenlage bzgl. des diagnostischen Prozesses teilweise lückenhaft. Mit der vorliegenden Studie sollte der diagnostische Prozess des Thoraxtraumas retrospektiv anhand des Patientenkollektivs der Universitätsmedizin Göttingen evaluiert werden, um die bildgebenden Verfahren bzgl. der Sensitivität und Spezifität im Hinblick auf Verletzungen des Thorax zu überprüfen.

5.1 Unfallhergang

Bezogen auf den ermittelten Unfallhergang konnten wir in unserer Studie eine andere Verteilung der zu Grunde liegenden Unfallmechanismen im Vergleich zur internationalen Literatur feststellen. Insbesondere zeigten sich Unterschiede der Verletzungsmechanismen im Vergleich mit der anglo-amerikanischen Studienlage.

So zeigten Imamoglu et al. in ihrer von Ince zitierten Studie mit 110 Patienten mit Thoraxtrauma, dass 59,1 % der Patienten ein stumpfes und 36,4 % ein penetrierendes Thoraxtrauma erlitten haben (Ince et al. 2013). Unter den penetrierenden Traumata waren knapp ein Drittel Schussverletzungen. Im Gegensatz dazu sind die Traumata in unserer Studie überwiegend in Form von Verkehrsunfällen und Stürzen aufgetreten. Der Anteil an Schussverletzungen oder Messerstichverletzungen war verschwindend gering. Wir vermuten einen Zusammenhang mit der allgemeinen Kriminalitätsrate in der betrachteten

Region, in der die Studie durchgeführt wurde und erklären uns auf diese Weise die unterschiedliche Genese des traumatischen Pneumothorax und/oder Hämatothorax. Auch hat die weitere Verbreitung von Schusswaffen in anderen Ländern Einfluss auf die Genese der Thoraxtraumata. Die je nach Fragestellung daraus resultierende eingeschränkte Vergleichbarkeit mancher Studien haben wir bei der Auswertung berücksichtigt.

Martinez et al. haben in einer prospektiven Studie Patienten mit Thoraxtrauma über einen Zeitraum von 30 Tagen den klinischen Verlauf beobachtet. Ähnlich wie auch in unserer Studie wurden verschiedene Komplikationen des Thoraxtraumas untersucht. Die Thoraxverletzungen dieser Arbeit wurden zumeist durch Stürze (n = 218, 57,9 %) und Verkehrsunfälle (n = 57, 15,1 %) verursacht. Dies sind auch die Unfallursachen, die bei den von uns untersuchten Patienten am häufigsten vertreten waren. Martinez et al. beschreiben in ihrer Studie, dass vor allem ältere Patienten (über 71 Jahre) unter den Patienten mit einer Verletzung durch einen Sturz waren und dass unter den Patienten mit den Verkehrsunfällen eher jüngere Patienten vertreten waren (31 - 55 Jahre). Auch in unserer Studie waren unter den Patienten mit einer Verletzung durch einen Sturz signifikant häufiger ältere Menschen. Allerdings ist in unserer Studie zusätzlich zwischen einem Sturz aus geringer und einem Sturz aus großer Höhe unterschieden worden, was unserer Meinung nach wichtig ist, da ein Sturz aus großer Höhe, wie beispielsweise von einem Dach, im allgemeinen eine größere Anzahl an Begleitverletzungen und einen höheren ISS mit sich bringt als ein Sturz aus einer geringeren Höhe wie beispielsweise auf den Rand einer Badewanne. Weiterhin halten wir diese Unterscheidung für wichtig, da wir beispielsweise feststellen konnten, dass die Patienten mit Sturz aus geringer Höhe signifikant häufiger ausschließlich durch Röntgen diagnostiziert werden konnten. Erklären lässt sich dies dadurch, dass diese Gruppe von Patienten, gemessen am ISS, signifikant häufiger leichtere Verletzungen hatte und sich dadurch eine bessere Untersuchbarkeit ableiten lässt. Faktoren, die die Diagnostik mit dem Röntgenbild erschweren, wie beispielsweise Schmerz, Bewusstlosigkeit oder Intubation (Kaewlai et al. 2008) liegen bei Patienten mit einem Sturz aus geringer Höhe in einem anderen Umfang vor als beispielsweise bei den Patienten mit einem Sturz aus einer

großen Höhe. Somit ergibt sich aus dieser Ausdifferenzierung des Unfallhergangs eine klinische Relevanz.

5.2 Patientenkollektiv und Altersverteilung

Das durchschnittliche Alter der von uns untersuchten Patienten lag bei 52 Jahren. In einer Studie von Chan et al., die sich im Unterschied zu der vorliegenden Arbeit nicht nur auf den traumatischen, sondern generell auf den Pneumothorax bezieht, lag das durchschnittliche Alter der Patienten bei 51 Jahren (Chan et al. 2009). Dies lässt die Vermutung zu, dass Patienten dieses Altersbereichs ein erhöhtes Risiko für eine Pneumothoraxverletzung haben, unabhängig von der zu Grunde liegenden Entität. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass strukturelle Veränderungen in der Lunge, wie zum Beispiel das Vorliegen von Bullae, was mit eine der Ursachen für das Auftreten eines spontanen Pneumothorax ist (Henry et al. 2003, Noppen 2010), mit einer bestimmten Altersgruppe korreliert und auch das Auftreten eines traumatischen Pneumothorax in dieser Altersgruppe begünstigen kann. Weitere Studien müssten diesen Aspekt aber noch genauer untersuchen.

Die überwiegende Mehrheit unserer Patienten war männlich, wie auch in der Studie von Chan et al., in der deutlich mehr männliche (n = 935, 86 %) als weibliche Patienten vertreten waren (Chan et al. 2009). Dies lässt den Rückschluss zu, dass ähnlich wie beim primären spontanen Pneumothorax auch beim traumatischen Pneumothorax Männer vermehrt betroffen sind. Die Studie von Martinez et al., die sich mit Patienten mit allgemeinen Thoraxtrauma ohne das zwingende Einschlusskriterium eines Pneumothorax befasst, stützt diese These, da hier auch mehr männliche Patienten vertreten sind (n = 220, 58,2 %) (Martinez et al. 2013). Der absolute Unterschied ist aber nicht so ausgeprägt wie in unserer Studie, was sich damit erklären ließe, dass in dieser Studie zwar jeder Patient ein Thoraxtrauma, aber nicht jeder Patient einen Pneumothorax oder Hämatothorax erlitten hat. Um die These der Prädisposition des männlichen Geschlechts für einen Pneumothorax, sowohl für den

traumatischen als auch den nicht-traumatischen, endgültig belegen zu können, müssten allerdings noch weitere Studien durchgeführt werden, die insbesondere das Bias berücksichtigt, dass Männer im Allgemeinen in höherem Maße Unfälle erleiden. Dies wird auch durch die Daten von Haghighi et al. gestützt, in dessen Studie 124 (62,7 %) männliche und 26 (17,33 %) weibliche Patienten ein Trauma erlitten (Haghighi et al. 2014). Dieser Umstand ist bei der Interpretation unserer Ergebnisse ebenfalls zu berücksichtigen. Die Neigung zum idiopathischen Primärpneumothorax beim Mann, welche jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit ist, ist dagegen unstrittig (Baumann et al. 2001).

Bei der Verteilung des ISS hat sich in unserer Studie gezeigt, dass unter den Patienten mit einem niedrigen ISS signifikant häufiger ältere Patienten vertreten sind. Dies erklärt sich dadurch, dass ältere Patienten häufiger Stürze aus geringerer Höhe erlitten haben und bei diesem Verletzungsmuster meist eine isolierte Thoraxverletzung auftrat. Bei den anderen Unfallhergängen, wie Auto- oder Motorradunfälle sowie Absturztraumen, sind wesentlich häufiger Begleitverletzungen vorhanden, die den Wert des ISS steigen lassen. In unserer Studie sind im Vergleich zu anderen Arbeiten überdurchschnittlich viele Patienten mit einem ISS > 16 vertreten. Dies erklärt sich durch den Status der Universitätsmedizin als überregionales Traumazentrum und den dadurch bedingten hohen Anteil an Schockraumpatienten mit multiplen schweren Verletzungen nach schweren Unfällen. Bei der Betrachtung dieser Studie im Vergleich zu der internationalen Literatur ist somit immer zu berücksichtigen, dass es sich bei dem eingeschlossenen Patientengut um mehrheitlich polytraumatisierte Patienten handelt. Bei der Betrachtung der Dauer der stationären Therapie fiel auf, dass sich die Verweildauer von leichter und schwerer verletzten Patienten weniger stark als erwartet unterscheidet. Die Verweildauer der Patienten mit traumatischen Pneumthorax bzw. Hämatothorax ist mit 16 Tagen auch bei Patienten mit einem ISS ≤ 16 im Vergleich zu 26,9 Tagen bei Patienten mit ISS > 16 tendenziell hoch. Dies erklärt sich teilweise damit, dass unter den leichter verletzten Patienten überwiegend ältere Patienten mit umfangreicheren Begleitmorbiditäten waren, deren stationärer Verlauf unfallunabhängig komplexer war (Martin et al. 2013), was wiederum die wichtige Rolle der Begleitverletzungen zeigt.

Leider war retrospektiv nicht zu ermitteln, ob die längere Verweildauer im Krankenhaus ausschließlich auf die Begleitverletzungen oder Vorerkrankungen zurückzuführen ist oder mit einer komplikationsreicheren Heilung des Pneumothorax und/oder Hämatothorax assoziiert ist.

Nimmt man die durchschnittlichen Liegezeiten der Drainagen, als Maß für die Ausheilung des Pneumothorax bzw. Hämatothorax, so liegen diese Zeiten mit 6,8 Tagen bei Patienten mit einem ISS \leq 16 und 7,9 Tagen bei Patienten mit einem ISS $>$ 16 deutlich unter der des gesamten Klinikaufenthaltes der Patienten und liefern somit einen Anhaltspunkt, dass der Pneumothorax selbst weitestgehend unabhängig von Begleitverletzungen ausheilt, dass sekundär aber die Komorbiditäten zu einem längeren Krankenhausaufenthalt mit daraufhin eintretenden Komplikationen wie beispielsweise Atelektasen führen und eben diese den Krankenhausaufenthalt verlängern.

Unter den älteren Patienten (65 Jahre oder älter) traten gehäuft reine Hämatothoraxverletzungen auf. Möglicherweise gibt es hier einen Zusammenhang mit dem Auftreten von Rippenserienfrakturen, die ebenfalls signifikant häufiger bei den älteren Patienten unserer Studie vorgekommen sind und einer gehäuften Einnahme von Antikoagulantien bei älteren Menschen. So haben in unserer Studie 19 der 55 Patienten (34,5%) über 64 Jahre Antikoagulantien eingenommen. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Medikamenteneinnahme und dem Auftreten reiner Hämatothoraxverletzungen konnte aber nicht festgestellt werden. Analog zu den abnehmenden Raten an reinen Hämatothoraxverletzungen nahm auch der prozentuale Anteil von antikoagulierten Patienten mit dem Alter ab. So waren bei den 26 bis 64 Jährigen 6,7 % und bei den bis zu 25 Jahre alten Patienten 0 % antikoaguliert. In der Gruppe der bis zu 25 Jahre alten Patienten traten signifikant häufiger reine Pneumothoraxverletzungen auf. Unseres Wissens nach ist eine solche Analyse, wie sie von uns durchgeführt wurde, die über einen Zusammenhang zwischen höherem Alter und Hämatothoraxverletzungen berichtet, bisher in der Literatur nicht präsentiert worden.

5.3 Diagnostik des traumatischen Pneumothorax und Hämatothorax

In den letzten Jahren ist mit der zunehmenden Qualität und Verfügbarkeit von Ultraschall sowie CT der Stellenwert des Thoraxröntgens als Teil der Standarddiagnostik des Thoraxtraumas kritisch betrachtet worden. Die jüngsten Studien zeigen aufgrund höherer Sensitivität und Spezifität einen Trend zur Untersuchung des Thoraxtraumapatienten mittels Sonographie und Computertomographie (Alrajab et al. 2013, Haghghi et al. 2014, Cai et al. 2012, Chung et al. 2014). Im Betrachtungszeitraum unserer Analyse war jedoch Röntgen noch das von den ATLS-Guidelines empfohlene Primärdiagnostikum und wurde entsprechend in der Universitätsmedizin Göttingen praktiziert.

Beim gefähigen Patienten wird als erste diagnostische Maßnahme bei maximaler Inspiration eine posterior-anteriore und teilweise auch eine seitliche Thorax-Röntgenaufnahme des aufrecht stehenden Patienten angefertigt (Thomson et al. 2014). Laut Thomson et al. wird dabei eine Aufnahme bei Inspiration zwar empfohlen, allerdings ist es nur im Einzelfall nötig eine zusätzliche Aufnahme in Expiration anzufertigen. In unserer Studie konnte nur bei 14 Patienten eine Stehendaufnahme am Aufnahmetag durchgeführt werden. Die stehende Position konnte beim restlichen Patientenkollektiv aufgrund der Begleitverletzungen oder des allgemeinen Zustands des Patienten nicht eingenommen werden, sodass auf eine Liegendaufnahme zurückgegriffen werden musste. Auch andere Autoren beschreiben, dass die stehende Position für das Thoraxröntgen bei Traumapatienten oft nicht eingenommen werden kann (Ball et al. 2009, Brar et al. 2010). Die Stehendaufnahme weist im Vergleich zur Thoraxröntgenaufnahme im Liegen eine wesentlich höhere Sensitivität auf (Ball et al. 2009, Brar et al. 2010). Die erhöhte Sensitivität im Stehen konnten wir durch unsere Daten bestätigen. Unsere Erkenntnisse stellen aber, genau wie die in den genannten Studien erhobenen Daten, die Sinnhaftigkeit der Liegendaufnahme in der Traumadiagnostik in Frage. Auch andere Autoren wie Alrajhi et al. und Kaewlai et al. beschreiben bei konventioneller Röntgendiagnostik zwischen 10 und 50 % der Pneumothoraces

als okkult (Alrajhi et al. 2012, Kaewlai et al. 2008). Möglicherweise ist dies auch hier durch die Problematik der Liegendaufnahme zu erklären.

Die in unserer Studie im primären Röntgenbild im Liegen übersehenen Pneumothoraces lagen fast ausschließlich ventral. Dieses Phänomen bei Liegendaufnahmen beschreiben auch Klopp et al. (Klopp et al. 2007). Unserer Meinung nach liegt es v.a. daran, dass in der Liegendaufnahme die ventral liegenden Pneumothoraces von den anderen im Strahlengang liegenden Strukturen (Lungengewebe) überschattet werden, was unverletztes und vollständig entfaltetes Lungengewebe vortäuschen kann. Diese okkulten Pneumothoraces kommen häufig erst im CT zur Darstellung (Ball et al. 2009).

Unter okkulte Pneumothoraces fallen die Pneumothoraces, die nicht aufgrund klinischer Untersuchung oder eines Röntgenbildes diagnostiziert werden konnten und letztendlich erst durch CT detektiert wurden, so Ball et al. (Ball et al. 2009). Laut Ball et al. liegt die Häufigkeit okkulten Pneumothoraces bei Traumapatienten bei 5-15 %. In unserer Studie liegt die Zahl mit 21,8 % noch etwas höher, sehr ähnlich zu dem Wert von Wall et al. der 22 % okkulte Pneumothoraces feststellen konnte (Wall et al. 1983). Die okkulten Pneumothoraces traten in unserer Studie signifikant seltener bei Patienten über 65 Jahren auf. Dieses Ergebnis lässt sich damit erklären, dass diese Patienten häufig einen niedrigeren ISS hatten, denn auch Patienten mit einem $ISS \leq 16$ hatten in unserer Studie signifikant seltener okkulte Pneumothoraces. Damit stellen die schwerer verletzten Patienten eine Subgruppe der Traumapatienten dar, bei der eine Röntgendiagnostik zur Detektion eines Pneumothorax möglicherweise nicht ausreichend ist. Diese Feststellung stimmt mit denen anderer Autoren überein, welche die Anwendung der Sonographie oder des CTs, welche verlässlichere diagnostische Ergebnisse liefern, den Vorzug geben (Soldati et al. 2008, Kaewlai et al. 2008, Alrajab et al. 2013, Alrajhi et al. 2012). Ball et al. gehen davon aus, dass es zum Zeitpunkt der Aufnahme in der Klinik möglicherweise bis zu 76 % der Pneumothoraces okkult sein könnten (Ball et al. 2009). Bei den meisten Patienten mit einem okkulten Pneumothorax sei beispielsweise kein subkutanes Emphysem zu sehen (Ball et al. 2009), was die Detektion eines Pneumothorax erschwert. Das vermehrte Auftreten der okkulten Pneumothoraces führen Brar et al. weiterhin darauf zurück, dass die Röntgenbilder im Setting des Traumamanagements oft schnell und bei

suboptimalen Bedingungen betrachtet werden (Brar et al. 2010) Das deckt sich mit unseren Ergebnissen, denn gerade bei den schwerer verletzten Patienten (ISS > 16), bei denen häufiger nicht ausreichend mit dem Thoraxröntgen diagnostiziert werden konnte, sind die Bedingungen für das Betrachten der Thoraxaufnahmen oft nicht optimal.

In ihrer retrospektiven Studie zeigen Brar et al. weiterhin, dass bis zu 24 % der okkulten Pneumothoraces einfach nur übersehen wurden und bei nachträglicher Betrachtung 20 % dieser okkulten Pneumothoraces auch mit dem Röntgenbild zu diagnostizieren gewesen wären (Brar et al. 2010). Kritisch anzumerken ist dabei aber, dass beim nachträglichen Betrachten der Bilder die Diagnose bereits bekannt ist und dementsprechend das Röntgenbild unter anderen Voraussetzungen betrachtet wird. Um diese Bias zu neutralisieren, war der Autorin dieser Studie das Verletzungsmuster der Patienten bei der Auswertung der Röntgen- und CT-Bilder nicht bekannt. Sämtliche Röntgen- und CT-Bilder wurden unabhängig neu bewertet. Ferner bezogen wir in unsere Analyse auch die Ergebnisse der restlichen Bildgebung mit ein, um retrospektiv erkennen zu können, an welcher Stelle des diagnostischen Prozesses und durch welches Verfahren als erstes die Verletzung sicher erkannt werden konnte.

In einer Studie von Kea et al., bei der Patienten mit einem stumpfen Trauma untersucht wurden, konnte in 78,3 % der Fälle (2848 Patienten) mit einem Röntgenbild diagnostiziert werden. 791 Patienten (21,7%) wurden zusätzlich durch CT diagnostiziert (Kea et al. 2013). In unserer Studie konnte bei 41,6 % der Fälle mit einem Röntgenbild sicher diagnostiziert werden. Dieser erhebliche Unterschied lässt sich damit erklären, dass bei unserer Studie nur Patienten berücksichtigt wurden, die eine Pneumo- und/oder eine Hämatothoraxverletzung hatten. Bei Kea et al. hingegen war das Auswahlkriterium „stumpfes Trauma“ mit durchgeführtem Thoraxröntgen, falsch negativ diagnostizierte Patienten blieben hier unberücksichtigt. Die Zielsetzung unserer Studie und der von Kea et al. unterscheiden sich dahingehend, dass bei Kea et al. der Focus auf der Bestimmung von Sensitivität lag, wohingehend wir den diagnostischen Prozess näher beleuchtet haben, um Stärken und Schwächen der Röntgendiagnostik zu evaluieren.

Anhand der Auswertung verschiedener Studien zeigt sich, dass der Ultraschall dem Röntgenbild überlegen zu sein scheint (Alrajab et al. 2013). Es wird von einer Sensitivität von 78,6 % bis 96,5 % beim Ultraschall im Gegensatz zu 25,53 % bis 39,8 % beim Röntgenbild gesprochen. Die Spezifität wird zwischen 82,97 % und 100 % beim Ultraschall und zwischen 95,14 % und 99,3 % beim Röntgenbild angegeben (Haghighi et al. 2014, Alrajab et al. 2013). Da im Betrachtungszeitraum aber keine Sonographien des Thorax durchgeführt wurden, konnten wir in unserer Studie keine Daten zur Sonographie erheben, um einen Vergleich zwischen Röntgen und Sonographie herzustellen.

Ein großer Vorteil, den der Ultraschall mit sich bringt, ist die Anwendbarkeit bei bettlägerigen Patienten (Ball et al. 2009, Ding et al. 2011, Koenig et al. 2011). Damit können gerade Traumapatienten, bei denen aufgrund von Begleitverletzungen nur eine liegende Position eingenommen werden kann besser untersucht werden. Auch die beim liegenden Patienten in der Thoraxröntgenaufnahme häufig übersehenen ventralen Pneumothoraces sind der Sonographie gut zugänglich (Klopp et al. 2007, Wilkerson und Sone 2010). Insbesondere in der akuten Traumaversorgung ist es wichtig, schnell einen Überblick über die jeweiligen Verletzungen der Patienten zu bekommen. Dementsprechend ist die Zeit, die für die Stellung einer Diagnose benötigt wird, ein sehr wichtiges Kriterium bei der Wahl des diagnostischen Hilfsmittels (Ball et al. 2009, Ding et al. 2011, Wilkerson und Sone 2010). Alrajab et al. fassen mehrere Studien zusammen, die eine durchschnittliche Zeit für die Sonographieuntersuchung von unter zwei Minuten bis zu 15 Minuten angeben. Für das Röntgenbild wird durchschnittlich eine Zeit von unter fünf Minuten bis zu 15 Minuten angegeben (Alrajab et al. 2013). Die Sonographie kann somit im Durchschnitt schneller als ein Röntgenbild durchgeführt werden. Dies stellt einen weiteren erheblichen Vorteil der Sonographie dar.

Aufgrund der vielen okkulten Pneumothoraces im Röntgenbild sprechen zwischen 37 % und 67 % der Betrachter eine Empfehlung für ein dem Röntgenbild nachfolgendes Thorax-CT aus (Brar et al. 2010). Die CT-Untersuchung wird weitverbreitet als Referenz für die verschiedenen diagnostischen Methoden angesehen (Alrajhi et al. 2012). Chardioli et al. sehen das Thorax-CT in der Notaufnahme als Goldstandard beim stumpfen Thoraxtrauma mit immer häufigerer Anwendung an. Er sieht den Vorteil darin,

dass gerade kleinere Verletzungen diagnostiziert werden können (Chardoli et al. 2013). Allerdings muss bei der CT-Untersuchung der erhöhte Zeitaufwand, höhere Kosten bei generell steigenden Kosten im Gesundheitssystem und natürlich die Strahlenbelastung, gerade bei jungen Patienten, berücksichtigt werden (Kea et al. 2013, Brink et al. 2008, Chung et al. 2014, Huber-Wagner et al. 2015). Unsere Daten bestätigen die genannten Vorteile der CT-Untersuchung. So konnten in 21,8 % der Fälle erst durch die CT-Untersuchung die Diagnose einer Thoraxverletzung gestellt werden. Bei bloßer Röntgendiagnostik wäre somit in dieser Anzahl der Fälle eine relevante Verletzung übersehen worden.

Laut Kea et al. würden jedoch nur wenige Verletzungen, die bei einem routinemäßigen CT Scan diagnostiziert werden, ein anderes Patientenmanagement nach sich ziehen. Die von uns erhobenen Daten zeigen hier ein gegenteiliges Ergebnis. Wir konnten zeigen, dass in 70,5 % der Fälle die zusätzlich erkannte Verletzung als erheblich gewertet wurde und eine Thoraxdrainagenanlage als Konsequenz der Zusatzinformation gelegt wurde. Außerdem, so Kea et al., müsse die Zeit, die für ein potentiell unnötiges CT und dessen Auswertung benötigt wird, berücksichtigt werden (Kea et al. 2013). Unserer Meinung nach ist es zwar richtig, dass der Zeitaufwand eines CTs relativ hoch ist, jedoch erfasst das CT mit hoher Zuverlässigkeit weitere Verletzungen der Extremitäten, Wirbelsäule, Becken und Weichteilen, welche bei Polytraumapatienten regelmäßig vorkommen (Chung et al. 2014). Ferner konnte von Chung et al. gezeigt werden, dass bei Patienten mit einem stumpfen *high energy* Trauma bei 39 % der Patienten, bei denen ein unauffälliges Thoraxröntgen vorlag, eine akute Verletzung, wie eine Lungenkontusion oder ein Pneumothorax, im CT entdeckt wurde. Dies deckt sich mit unseren Erkenntnissen. Selbst von sehr kleinen, okkulten Pneumothoraces geht gerade bei beatmeten oder intubierten Patienten die Gefahr aus, dass sich der Pneumothorax vergrößert und klinisch symptomatisch wird. Lungenkontusionen sind insbesondere deshalb wichtig zu erkennen, da sie ein wichtiger Faktor bei der Mortalität der Patienten mit einem stumpfen Thoraxtrauma sind. Der diagnostische Mehrwert der CT-Untersuchung rechtfertigt nach Meinung führender Autoren in Einklang mit unseren Daten die Untersuchung

polytraumatisierter Patienten mittels CT (Chardoli et al. 2013, Kaewlai et al. 2008, Moore et al. 2011, Chung et al. 2014).

Zur Beurteilung des Therapieverlaufs ist nach Kwan et al. das CT nicht geeignet (Kwan et al. 2012). Hingegen bietet der Ultraschall die Möglichkeit die Heilung eines Pneumothorax verlässlich zu überwachen (Kwan et al. 2012). Diese Option verringert die Strahlenbelastung des Patienten und lässt sich vor allem auch bei bettlägerigen Patienten anwenden, was insbesondere für den traumatischen Pneumothorax, bei dem häufig Begleitverletzungen vorliegen interessant ist. Daten zum Monitoring des Therapieverlaufs mittels Sonographie waren im Untersuchungszeitraum aber nicht verfügbar, weshalb hierzu kein direkter Vergleich möglich ist. Die Beurteilung des Therapieverlaufs geschah anhand von Röntgenbildern, auf welchen jedoch Komplikationen wie Ergussbildung oder Pneumonien sowie Atelektasen erkannt werden konnten. Aus unserer Sicht stellt das Röntgen, anders als zur Primärdiagnostik, eine zuverlässige diagnostische Methode zur Verlaufskontrolle dar, die prospektiv aber durch die Sonographiekontrolle an Bedeutung verlieren könnte.

Bei Thoraxröntgenaufnahmen lassen sich am besten vorhersagbare Ergebnisse bei Patienten in aufrechter Position feststellen (Kwan et al. 2012). Dies deckt sich mit unseren Daten. Bei der weiteren Ausdifferenzierung dieser Erkenntnis konnten wir zeigen, dass Patienten mit niedrigem ISS und in der Altersgruppe der über 65-Jährigen, welche zumeist minderschwer verletzt sind, signifikant häufiger korrekt mittels Röntgen diagnostiziert werden können als die Vergleichsgruppen. Als klinische Konsequenz konnten wir somit zeigen, dass beim mobilen Patienten eine Stehend-Röntgenaufnahme durchaus noch eine Alternative in der Diagnostik darstellt, insbesondere wenn eine Sonographie nicht beherrscht wird und ein CT aus Strahlenschutzgründen und bei nicht zu erwartender therapeutischer Konsequenz nicht indiziert ist.

5.4 Therapie

In unserer Studie wurden 68,9 % der diagnostizierten Pneumo- bzw. Hämatothoraces mit einer Drainage therapiert. Aufgrund eines nicht immer

vorliegenden CTs konnten wir die exakte Größe der jeweiligen Verletzung nicht immer feststellen. Somit lässt sich keine Aussage dazu zu machen, ob, wie Klopp et al. sagen, lediglich sehr kleine Pneumothoraces bei asymptomatischen Patienten beobachtet werden können (Klopp et al. 2007). Beim traumatischen Pneumothorax, so Klopp et al. abschließend, sollte eine Thoraxdrainage gelegt werden (Klopp et al. 2007), was sich mit der Lehrmeinung unserer Klinik deckt. Es ist aber zu beachten, dass es bei bis zu 22 % der Drainagenanlagen zu Komplikationen kommt, wozu unter anderem Fehlpositionierungen und Infektionen gehören (Cai et al. 2012). In unserer Studie ließ sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen Komplikationen wie beispielsweise Erguss, Pneumonie oder Pleuraempyem mit einer Thoraxdrainage feststellen. Laut Iepsen und Ringbaek bestehen nach Drainagenanlage häufig Symptome wie Schmerz und Atemnot, was ebenfalls als Komplikation oder zumindest Nebenwirkung der Therapie mit Thoraxdrainage gesehen werden kann (Iepsen und Ringbaek 2013).

Es besteht eine große Variabilität darin, wie die behandelnden Ärzte sich für oder gegen eine Drainage bei klinisch stabilen Patienten entscheiden (Cai et al. 2012). Laut einer Analyse verschiedener Studien zur Pneumothoraxtherapie von Cai et al. wird empfohlen, nur kleine okkulte Pneumothoraces ohne Drainage zu behandeln. Moderate Pneumothoraces könnten auch ohne Drainage behandelt werden, sofern keine andere respiratorische Einschränkung vorläge. Es gibt aber auch die Meinung, nur die okkulten Pneumothoraces bei maschinell beatmeten Patienten mit einer Drainage zu therapieren (Cai et al. 2012). In den Behandlungsempfehlungen der British Thoracic Society und des American College of Chest Physicians wird bei klinisch instabilen Bedingungen, wie schwere Atemnot, niedriger Blutdruck oder Bewusstseinsstörungen in jedem Fall zur Thoraxdrainage noch vor weiterer CT- oder ggf. auch Röntgendiagnostik geraten (Henry et al. 2003, Baumann und Noppen 2004, Cai et al. 2012). Die Daten der hier vorliegenden Studie zeigen ein zum Teil deutliches Abweichen bezogen auf die allgemeinen Empfehlungen. So wurde noch ein Großteil (70,5 %) der okkulten und sekundär im CT erkannten Pneumothoraxverletzungen noch mit einer Drainage behandelt. Wir konnten feststellen, dass durch die ventrale Lage und die Überschattung durch posterior gelegenes Lungengewebe Pneumothoraces von bis zu 9,5 cm nicht im

Röntgenbild nachweisbar waren. Unserer Meinung nach können okkulte Pneumothoraces somit nicht generell als unerheblich eingestuft werden, was den Auffassungen von Kea et al. und Cai et al. teilweise widerspricht. Ferner zeigen unsere Daten, dass die Größe des Pneumothorax allein kein ausschlaggebendes Kriterium bei der Wahl der Therapie darstellen kann. Da 81,6 % der intubierten Patienten unserer Studie (n = 80) unabhängig von der Größe des Pneumothorax mit einer Drainage versorgt wurden, sehen wir den Aspekt der Intubation als wichtiges Entscheidungskriterium bei der Therapiewahl an, worin wir wiederum mit Cai et al. übereinstimmen (Kea et al. 2013, Cai et al. 2012).

Iepsen et al. haben die Liegedauer der Drainage beobachtet und haben bei kleineren Drainagen (11 - 13 Fr) einen Mittelwert von 4,9 Tagen, bei den größeren Drainagen (20 - 28 Fr) einen Mittelwert von 8,3 Tagen (Iepsen et al. 2013). In unserer Studie lagen die Drainagen bei einer reinen Pneumothoraxverletzung im Mittel bei 7,5 Tagen. Betrachtet man alle Patienten unserer Studie, also sowohl die Patienten mit einer reinen Pneumothoraxverletzung als auch die mit einem Hämatothorax oder einer Kombination aus beidem, so lagen die Drainagen im Mittel 7,3 Tage.

Andere Studien haben, wie Iepsen beschreibt, ebenfalls bei dem spontanen Pneumothorax Drainage-Liegezeiten zwischen 3,2 und 7 Tagen (Iepsen et al. 2013, Ambalavanan 2007, Samelson 1991). Damit liegen unsere Ergebnisse am oberen Rand der in der Literatur gefundenen Werte. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass in der UMG im Vergleich zu anderen Krankenhäusern tendenziell eher schwerer verletzte Patienten behandelt werden. So hatten ca. zwei Drittel unserer Patienten einen ISS von über 16. Zum anderen beziehen sich die Daten aus der Literatur teilweise auf die Therapie des Spontanpneumothorax, welcher aus unserer Sicht eine grundlegend andere Entität darstellt als der traumatische Pneumothorax und somit keine allgemeine Vergleichbarkeit gegeben ist.

Die Anzahl der in unserer Studie dokumentierten erneut aufgetretenen Pneumothoraces ist mit 5,8 % etwas höher als Kulvatunyou et al. es 2011 in ihrer Studie schreiben (Kulvatunyou et al 2011). In seiner Studie sind bei der Verwendung von Pigtail Kathetern 11 % und bei der Verwendung von

Thoraxdrainagen nach Bülau 4 % der behandelten Pneumothoraces wieder aufgetreten und erforderten eine erneute Behandlung. Unser Wert für angelegte Bülau-Drainagen liegt etwas höher, erfasst aber alle erneut aufgetretenen Pneumothoraces, unabhängig davon, ob sie erneut therapiert werden mussten (Kulvatunyou et al. 2011, Kulvatunyou et al. 2012).

In unserer Studie wurden bei 86,6 % der Patienten eine oder mehrere Rippenfrakturen festgestellt. Zum Vergleich dazu waren es bei Chardoli et al., die sich mit Patienten, die ein stumpfes Thoraxtrauma erlitten haben, beschäftigten, 25,5 % der Patienten. Bei Avila Martinez et al., in deren Studie generell Patienten mit Thoraxtrauma untersucht wurden, hatten 16,2 % der Patienten Rippenfrakturen (Chardoli et al. 2013, Martinez et al. 2013). Der große Unterschied zwischen unserer und den anderen Studien lässt sich damit erklären, dass die von uns untersuchten Patienten einen Pneumothorax bzw. Hämatothoraxverletzung als Einschlusskriterium vorwiesen und unter diesem Patientenkollektiv Rippenfrakturen möglicherweise häufiger auftreten als bei Thoraxtraumapatienten als Gesamtkollektiv. Die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich somit nicht in einen direkten Zusammenhang mit den Daten aus der Literatur bringen. Unsere Daten lassen aber dennoch die Schlussfolgerung zu, dass bei dem Vorliegen einer Rippenserienfraktur aufgrund der hohen Korrelation mit Pneumothoraxverletzungen auf diese explizit geachtet werden sollte.

In unserer Studie haben sehr viele Patienten (87 Patienten, 46 % der Patienten, bei denen der Verlauf betrachtet wurde) eine CPAP Beatmung zur Unterstützung erhalten. Chiumello et al. beschreiben, dass die CPAP Beatmung bei respiratorischen Einschränkungen zum Einsatz kommen (Chiumello et al. 2012). So wurde auch in unserer Studie der Einsatz der nicht-invasiven Beatmung signifikant häufiger bei Patienten mit einem Erguss oder einer Lungenkontusion beobachtet. Wir haben keine signifikanten Ergebnisse in Bezug darauf erhalten, ob die CPAP-Beatmung den Heilungsverlauf eines Pneumothorax oder eines Hämatothorax wesentlich beeinflusst. Um einen potentiell positiven Nutzen einer unterstützenden CPAP-Beatmung bei Pneumothoraxpatienten nachweisen zu können, bedarf es prospektiv angelegten Studien.

5.5 Komplikationen

In unserer Studie haben wir keinen Zusammenhang zwischen der Schwere der Verletzungen und dem Auftreten einer Pneumonie feststellen können. Das widerspricht zum Teil dem, was Byun und Kim in ihrer Studie herausgefunden haben. Byun und Kim haben in ihrer Studie über multiple Rippenfrakturen zeigen können, dass es einen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Rippenfrakturen in Kombination mit dem Alter des Patienten und dem Auftreten einer Pneumonie gibt. Dieser Unterschied zwischen den Studien lässt sich damit erklären, dass der ISS, der sich aus verschiedensten Verletzungen der Patienten errechnet, kein hinreichendes Kriterium für die Risikoeinschätzung in Bezug auf das Auftreten einer Pneumonie ist. Vielmehr sollte der Rib Score, der sich aus der Anzahl der Rippenfrakturen und dem Alter des Patienten zusammensetzt, für die Risikoeinschätzung verwendet werden. (Byun und Kim 2013)

Ein weiterer Risikofaktor für das Auftreten einer Pneumonie scheinen laut Byun und Kim Schmerzen zu sein (Byun und Kim 2013). Diesen Zusammenhang konnten wir retrospektiv nicht eindeutig überprüfen. Das Kriterium, das wir als Anhaltspunkt für Schmerzen nehmen konnten, war die Einnahme von Analgetika, was aber durch die verschiedensten zum Teil sehr schweren Begleitverletzungen zu vage war, um hier einen Zusammenhang herstellen zu können.

Martinez et al. konnten einen Zusammenhang zwischen Alter und generellen Komplikationen, wie beispielsweise der Pneumonie, feststellen, was wir für unser Patientenkollektiv nicht belegen konnten. Allerdings hatten wir eine andere Einteilung der Altersgruppen vorgenommen und keine weitere Subgruppe von sehr alten Patienten über 85 Jahren wie Martinez et al. gebildet (Martinez et al. 2013).

Michelet et al. haben in ihrer Studie Patienten mit einem ISS von 17 und größer auf das Auftreten einer frühen Pneumonie hin untersucht. Risikofaktoren, die sie dabei feststellen konnten, waren eine frühe Intubation, Aspiration, ein Hämatothorax oder eine Lungenkontusion (Michelet et al. 2010). Diese Ergebnisse decken sich zum Teil mit unseren, wonach die Pneumoniepatienten

signifikant häufiger auch intubiert waren. Des Weiteren ist auch bei unseren Patienten, die einen Hämatothorax hatten signifikant häufiger eine Pneumonie aufgetreten. Klinische Erfahrungswerte zeigen ein gehäuftes Auftreten einer Pneumonie an Tag 5 bis 6. Die davon abweichenden Werte in unserer Studie lassen sich damit erklären, dass bereits an Tag 3 oder 4 erste mikrobiologische Anzeichen einer Pneumonie nachweisbar waren, klinische Symptome, die bedingt durch das retrospektive Studiendesign allerdings nicht dokumentiert waren, möglicherweise erst zu einem späteren Zeitpunkt in Erscheinung traten.

6 Schlussfolgerung für den klinischen Alltag

Die Ergebnisse unserer Studie legen nahe, dass bzgl. der Sensitivität und Spezifität einer konventionellen Röntgen-Thoraxaufnahme Unterschiede im Hinblick auf das untersuchte Patientengut bestehen. Während für gefähige, überwiegend leichter traumatisierte Patienten die Aussagekraft konventioneller Röntgenbilder durchaus gute Ergebnisse lieferte, so ist die Aussagekraft des konventionellen Röntgenbildes beim polytraumatisierten, in liegender Position geröntgten Patienten sehr limitiert. Aufgrund der hohen Anzahl übersehener Pneumothorax-Verletzungen nach Röntgen in liegender Position im Schockraum kann diese Art der Untersuchung als sehr kritisch angesehen werden. Diese Daten decken sich mit den Ergebnissen anderer Studien, welche ebenfalls der Sonographie und der CT-Untersuchung beim Staging des Thoraxtraumas den Vorzug geben. Dennoch kann für den gefähigen Patienten ein konventionelles Röntgenbild im Stehen nach wie vor eine adäquate Diagnostik nach Thoraxtrauma darstellen, insbesondere wenn der Untersucher keine ausreichende Erfahrung bei der Sonographie des Thorax hat und die Strahlenbelastung einer CT-Untersuchung im Hinblick auf die Schwere der zu erwartenden Verletzungen als nicht gerechtfertigt erscheint.

Aus unserer Studie lässt sich schlussfolgern, dass bei der Wahl der Diagnostik das Alter des Patienten, insbesondere aber auch die Komplexität und Schwere des gesamten Traumas, berücksichtigt werden muss. Richtwerte für die Einordnung des Traumas können Parameter wie beispielsweise der ISS sein, der trotz der Vielschichtigkeit der verschiedenen Traumata eine Bewertung der Thoraxverletzung in Hinblick auf mögliche Komplikationen ermöglicht.

Wir haben in unserer Arbeit sowohl den traumatischen Pneumothorax als auch den traumatischen Hämatothorax untersucht und teilweise bei der Analyse nicht getrennt betrachtet. Dieser Umstand ist dadurch entstanden, dass sich herausgestellt hat, dass bei einer traumatischen Genese sehr häufig Mischformen von Pneumothorax und Hämatothorax vorliegen. Damit hat ein direkter Vergleich zwischen dem Pneumothorax mit traumatischer Genese und dem primären spontanen Pneumothorax, wie wir es ganz zu Beginn unserer

Studie vorhatten, sich als nur bedingt sinnvoll herausgestellt, da die Schwierigkeit der Trennung der beiden Verletzungen auch im klinischen Alltag besteht. Dementsprechend haben wir beide Verletzungen betrachtet, um insbesondere Rückschlüsse im Bereich der Diagnostik und Therapie ziehen zu können.

Dazu gehört beispielsweise das Ergebnis, dass die Ausheilung des Pneumothorax bzw. des Hämatothorax weitgehend unabhängig von Begleitverletzungen ist. Des Weiteren hat sich herausgestellt, dass bei schwerer verletzten Patienten das konventionelle Röntgenbild zwar einen schnellen Überblick geben kann, ob ein sehr großer, raumfordernder Pneumothorax vorliegt, das Bild allerdings nicht ausreicht, um kleinere Pneumothorax- oder Hämatothoraxverletzungen sicher zu diagnostizieren oder auszuschließen.

7 Zusammenfassung

Okkulte Thoraxverletzungen stellen eine bekannte Schwierigkeit im Rahmen der Traumadiagnostik dar. Die Sensitivität für das Erkennen eines Pneumothorax auf einem Thoraxröntgenbild in Rückenlage wird in verschiedenen Studien zwischen 28% und 75% angegeben (Wilkerson und Sone 2010). Wir konnten zeigen, dass ein okkulter Pneumothorax oder Hämatothorax in 21,3% der analysierten Fälle nicht auf einem initialen Röntgenbild in liegender Position erkannt werden konnte, was sich somit mit den Daten aus der Literatur deckt (Kaiser et al. 2011). Verhältnismäßig hoch war die Anzahl der gelegten Thoraxdrainagen (Barrios et al. 2009). Bei 54 zusätzlichen durch ein Thorax-CT festgestellten Diagnosen wurden 31 Thoraxdrainagen gelegt (57,4%). Neuere Studien zeigen, dass die Ultraschalldiagnostik mit einer Sensitivität von 86% bis 98% und einer Spezifität von 97% bis 100% dem Thoraxröntgen überlegen ist (Wilkerson und Sone 2010). Da sowohl CT als auch Sonographie hoch sensitiv und spezifisch bei der Thoraxuntersuchung im Zusammenhang mit einem Trauma sind, muss die Rolle des Röntgenbildes kritisch hinterfragt werden. Unsere Daten zeigen, dass die Sensitivität des Röntgenbildes in Abhängigkeit von der Position des Patienten variiert und abhängig von der untersuchten Subgruppe der Patienten oder der Komplexität und der Schwere des gesamten Traumas ist. Unsere Analyse zeigt, dass Patienten über 65 und Patienten mit weitgehend milderen Verletzungen mit größerer Zuverlässigkeit mit einem primär angefertigten Röntgenbild ausreichend diagnostiziert werden können als jüngere oder schwerer verletzte Patienten. Somit sind wir zwar die ersten, die die Zuverlässigkeit des Röntgens bei der Betrachtung unterschiedlicher Subgruppen beschreiben, diese Ergebnisse können jedoch nicht als unabhängige Faktoren für eine Vorhersage für die Sensitivität der Röntgendiagnostik gesehen werden. Unsere Analyse zeigt aber, dass die Genauigkeit der Diagnostik mit der Qualität der Röntgenbilder zunimmt. Sofern für das Thoraxröntgen eine aufrecht stehende Position mit tiefer Inspiration eingenommen werden kann, stellt das Röntgenbild immer noch eine geeignete

Alternative zu CT oder Ultraschall dar, insbesondere wenn der Patient nicht zwingend einer erhöhten Strahlendosis ausgesetzt werden soll oder der Behandler keine ausreichende Erfahrung bei der Ultraschalldiagnostik besitzt. Wie die Ergebnisse anderer Autoren zeigen unsere Daten ebenfalls, dass das Thoraxröntgenbild in liegender Position bei intubierten Patienten kritisch beurteilt werden muss (Wisbach et al. 2007, Ding et al. 2011, Haghighi et al. 2014).

8 Anhang

8.1 Graphenverzeichnis

Graph 1:	Zeitpunkt des Legens der Drainage	34
Graph 2:	Intubation und Drainagetherapie	35
Graph 3:	Auftretende Komplikationen - Größe des Ergusses	37
Graph 4:	Verteilung der Ergussbildung im Hinblick auf die verletzten Thoraxhälften	38
Graph 5:	Zeitpunkt der Erstdiagnose einer Pneumonie	39

8.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Altersstruktur Patientenkollektiv	18
Tabelle 2:	Aufnahmemodalität in der Universitätsmedizin Göttingen	19
Tabelle 3:	Zu Grunde liegende Unfallart	20
Tabelle 4:	Verteilung ISS	21
Tabelle 5:	Durchschnittliche Aufenthaltsdauer auf den Stationen	22
Tabelle 6:	Verteilung und Häufigkeit der Pneumo- bzw. Hämatothoraxverletzung	23
Tabelle 7:	Altersverteilung und Häufigkeit der Pneumo- bzw. Hämatothoraxverletzung	26
Tabelle 8:	Verteilung der Rippenfrakturen	28
Tabelle 9:	Art der Diagnosestellung in unterschiedlichen Altersgruppen ...	29
Tabelle 10:	Art der Diagnosestellung in Zusammenhang mit Thoraxdrainagetherapie	31
Tabelle 11:	Aufgetretene Pneumonie	39

9 Literaturverzeichnis

Alrajab S, Youssef AM, Akkus NI, Caldito G (2013): Pleural ultrasonography versus chest radiography for the diagnosis of pneumothorax: review of the literature and meta-analysis. Crit Care 17, 1-8

Alrajhi K, Woo MY, Vaillancourt C (2012): Test Characteristics of Ultrasonography for the Detection of Pneumothorax. Chest 141 (3), 703-708

Ambalavanan S (2007): The use of thoracic vents in the management of pneumothoraces. Eur Resp Diss 2, 34-35

ATLS (2012): Advanced trauma life support: Student course manual. 9.ed., American College of Surgeons, Committee on Trauma, Chicago; 2012

AWMF (2016): S3 – Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzen-Behandlung. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie, 2016

Ball CG, Kirkpatrick AW, Feliciano DV (2009): The occult pneumothorax: What have we learned? Can J Surg 52 (5), 173-179

Barrios C, Malinoski D, Dolich M, Lekawa M, Hoyt D, Cinat M (2009): Utility of thoracic computed tomography after blunt trauma: when is chest radiograph enough? Am Surg 75(10), 966-969

Baumann MH, Noppen M (2004): Pneumothorax. Respirology 9, 157-164

Baumann MH, Strange C, Heffner JE, Light R, Kirby TJ, Klein J, Luketich JD, Panacek EA, Sahn SA (2001): Management of spontaneous pneumothorax: an American College of Chest Physicians Delphi consensus statement. Chest 119, 590-602

Brar MS, Bains Im, Brunet G, Nicolaou S, Ball CG, Kirkpatrick AW (2010): Occult Pneumothoraces Truly Occult or Simply Missed: Redux. J Trauma 69 (6) 1335-1337

Brink M, Deunk J, Dekker HM, Kool DR, Edwards MJR, van Vugt AB, Blickman JG (2008): Added Value of Routine Chest MDCT After Blunt Trauma: Evaluation of Additional Findings and Impact on Patient Management. *AJR* 190, 1591-1598

Byun JH, Kim HY (2013): Factors Affecting Pneumonia Occurring to Patients with Multiple Rib Fractures. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 46, 130-134

Cai W, Lee JG, Fikry K, Yoshida H, Novelline R, de Moya M (2012): MDCT quantification is the dominant parameter in decision-making regarding chest tube drainage for stable patients with traumatic pneumothorax. *Comput Med Imaging Graph* 36 (5), 375-386

Celik B, Sahin E, Nadir A, Kaptanoglu M (2009): Iatrogenic Pneumothorax: Etiology, Incidence and Risk Factors. *Thorax Cardiovasc Surg* 57, 286-290

Chan JW, Ko FW, Ng CK, Yeung AW, Yee WK, So LK, Lam B, Wong MM, Choo KL, Ho AS et al. (2009): Management of patients admitted with pneumothorax: a multi-centre study of the practice and outcomes in Hong Kong. *Hong Kong Med J* 15 (6), 427-433

Chardoli M, Hasan-Ghaliiae T, Akbari H, Rahimi-Movaghar V (2013): Accuracy of chest radiography versus chest computed tomography in hemodynamically stable patients with blunt chest trauma. *Chin J Traumatol* 16 (6), 351-354

Chiumello D, Esquinas AM, Moerer O, Terzi N (2012): A systematic technical review of the systems for the continuous positive airway pressure. *Minerva Anesthesiol* 78, 1385-1393

Chung JH, Cox CW, Mohammed TLH, Kirsch J, Brown K, Dyer DS, Gingsburg ME, Heitkamp DE, Kanne JP, Kazerooni EA (2014): ACR Appropriateness Criteria Blunt Chest Trauma. *J Am Coll Radiol* 11, 345-351

Ding W, Shen Y, Yang J, He X, Zhang M (2011): Diagnosis of Pneumothorax by Radiography and Ultrasonography. A Meta-analysis. *Chest* 140 (4), 859-866

Ghezel-Ahmadi D, Bölükbas S, Fischer T, Ghezel-Ahmadi V, Schitten J (2012): Pneumothorax, welche Therapie ist notwendig? Zentralbl Chir 137, 214-222

Haghighi SHO, Adimi I, Vahdati SS, Khiavi RS (2014): Ultrasonographic Diagnosis of Suspected Hemopneumothorax in Trauma Patients. Trauma Mon 19 (4), 5-8

Haynes D, Baumann MH (2011): Pleural controversy: Aetiology of Pneumothorax. Respirology 16, 604-610

Henry M, Arnold T, Harvey J (2003): BTS guidelines for the management of spontaneous pneumothorax. Thorax 58, 39-52

Hogg JR, Caccavale M, Gillen B, McKenzie G, Vlaminc J, Fleming CJ, Stockland A, Friese JL (2011): Tube Thoracostomy: A Review for the Interventional Radiologist. Semin Intervent Radiol 28, 39-47

Huber-Wagner S, Kanz KG, Renger B, Lefering R, Biberthaler P (2015): Modern CT diagnostics in major trauma management. Review of the literature. OUP 1, 28-37

Iepsen UW, Ringbaek T (2013): Small-bore chest tubes seem to perform better than larger tubes in treatment of spontaneous pneumothorax. Dan Med J 60 (6), 1-6

Inaba K, Branco BC, Eckstein M, Shatz DV, Martin MJ, Green DJ, Noguchi TT, Demetriades D (2011): Optimal Positioning for Emergent Needle Thoracostomy A Cadaver-Based Study. J Trauma 71, 1099-1103

Inaba K, Lustenberger T, Recinos G, Georgiou C, Velmahos GC, Brown C, Salim A, Demetriades D, Rhee P (2012): Does size matter? A prospective analysis of 28-32 versus 36-40 French chest tube size in trauma. J Trauma 72 (2), 422-427

Ince A, Ozucelik DN, Avci A, Nizam O, Dogan H, Topal MA (2013): Management of Pneumothorax in Emergency Medicine Departments: Multicenter Trial. *Iran Red Cres Med J* 15 (12), 1-6

Kaewlai R, Avery LL, Asrani AV, Novelline RA (2008): Multidetector CT of Blunt Thoracic Trauma. *RadioGraphics* 28, 1555-1570

Kaiser ML, Whealon MD, Barrios C (2011): Risk factors for traumatic injury findings on thoracic computed tomography among patients with blunt trauma having a normal chest radiograph. *Archives of surgery* 146 (4), 459-463

Kea B, Gamarallage R, Vairamuthu H, Fortman J, Lunney K, Hendey GW, Rodriguez RM (2013): What is the clinical significance of chest computed tomography when the chest x-ray is normal in blunt trauma patients? *Am J Emerg Med* 31 (8), 1268-1273

Kelkar KV (2015): Post-operative pulmonary complications after non-cardiothoracic surgery. *Indian J Anaesth* 59 (9), 599-605

Klopp M, Dienemann H, Hoffmann H (2007): Behandlung des Pneumothorax. *Chirurg* 78, 655-668

Koenig SJ, Narasimhan M, Mayo PH (2011): Thoracic Ultrasonography for the Pulmonary Specialist. *Chest* 140 (5), 1332-1341

Kulvatunyou N, Erickson L, Vijayasekaran A, Gries L, Joseph B, Friese RF, O`Keeffe T, Tang AL, Wynne JL, Rhee P (2014): Randomized clinical trial of pigtail catheter versus chest tube in injured patients with uncomplicated traumatic pneumothorax. *BJS* 101, 17-22

Kulvatunyou N, Vijayasekaran A, Hansen A, Wynne JL, O`Keeffe T, Friese RS, Joseph B, Tang A, Rhee P (2011): Two-Year Experience of Using Pigtail Catheters to Treat Traumatic Pneumothorax: A Changing Trend. *J Traum* 71 (5), 1104-1107

Kulvatunyou N, Joseph B, Friese RS, Green D, Gries L, O`Keeffe T, Tang AL, Wynne JL, Rhee P (2012): 14 French pigtail catheters placed by surgeons

to drain blood on trauma patients: is 14-Fr too small? J Trauma Acute Care Surg 73 (6) 1423-1427

Kwan RO, Miraflor E, Yeung L, Strumwasser A, Victorino GP (2012): Bedside thoracic ultrasonography of the fourth intercostal space reliably determines safe removal of tube thoracostomy after traumatic injury. J Trauma Acute Care Surg 73 (6), 1570-1575

Liao G, Chen R, He J (2010): Prophylactic use of noninvasive positive pressure ventilation in postthoracic surgery patients: A prospective randomized control study. J Thorac Dis 2, 205-209

Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzen-Behandlung s. AWMF Leitlinie 2016

Martin M, Satterly S, Inaba K, Blair K (2012): Does needle thoracostomy provide adequate and effective decompression of tension pneumothorax? J Trauma Acute Care Surg 73 (6), 1412-1417

Martin M, Schall CT, Anderson C, Kopari N, Davis AT, Stevens P, Haan P, Kepros JP, Mosher BD (2013): Results of a clinical practice algorithm for the management of thoracostomy tubes placed for traumatic mechanism. Springer Plus 2, 642-648

Martínez RJÁ, Voth AH, Fernández CM, Alarza FH, Sema IM, de Alba AM, Bedoya MZ, Trujillo MD, Pardo JCM, Hellin VD (2013): Evolution and Complications of Chest Trauma. Arch Bronconeumol 49 (5), 177-180

Meyer JA (1989): Gotthard Bülow and closed water seal drainage for empyema, 1875-1891. Ann Thorac Surg 48 (4), 597-599

Michelet P, Couret D, Brégeon F, Perrin G, D'Journo XB, Pequignot V, Vig V, Auffray JP (2010): Early Onset Pneumonia in Severe Chest Trauma: A Risk Factor Analysis. J Trauma 68, 395-400

Moore FO, Goslar PW, Coimbra R, Velmahos G, Brown CVR, Coopwood TB, Lottenberg L, Phelan HA, Bruns BR, Sherck JP (2011): Blunt Traumatic

Occult Pneumothorax: Is Observation Safe? – Results of a Prospective, AAST Multicenter Study. *J Trauma* 70, 1019-1025

Noppen M (2010): Spontaneous Pneumothorax: epidemiology, pathophysiology and cause. *Eur Respir Rev* 19 (117), 217-219

Noppen M, de Keukeleire T (2008): Pneumothorax. *Respiration* 76, 121-127

Rantanen NW (1986): Diseases of the thorax. *Vet Clin North Am Equine Pract* 2 (1), 49-66

Rivera L, O'Reilly EB, Sise MJ, Norton VC, Sise CB, Sack DI, Swanson SM, Iman RB, Paci GM, Antevil JL (2009): Small catheter tube thoracostomy: effective in managing chest trauma in stable patients. *J Trauma* 66 (2), 393-399

Samelson SL, Goldber EM, Ferguson MK (1991): The thoracic vent. Clinical experience with a new device for treating simple pneumothorax. *Chest* 100 (3), 880-882

Smit HJM, Wienk MATP, Schreurs AJM, Schramel FMNH, Postmus PE (2000): Do Bullae indicate a predisposition to recurrent pneumothorax? *Brit J Radiology* 73, 356-359

Soldati G, Testa A, Sher S, Pignataro G, Sala ML, Silveri NG (2008): Occult Traumatic Pneumothorax Diagnostic Accuracy of Lung Ultrasonography in the Emergency Department. *Chest* 133 (1), 204-211

Thomson L, Natho O, Feigen U, Schulz U, Kivelitz D (2014): Value of Digital Radiography in Expiration in Detection of Pneumothorax. *Chest* 186, 267-273

Wall SD, Federle MP, Jeffrey RB, Brett CM (1983): CT diagnosis of unsuspected pneumothorax after blunt abdominal trauma. *Am J Roentgenol* 141, 919-921

Wilkerson RG, Sone MB (2010): Sensitivity of bedside ultrasound and supine anteroposterior chest radiographs for the identification of pneumothorax after blunt trauma. *Acad Emergency Med* 17 (1), 11-17

Wisbach GG, Sise MJ, Sack DI (2007): What is the role of chest X-ray in the initial assessment of stable trauma patients? *The journal of trauma* 62 (1), 74-78

Zarogoulidis P, Kioumis I, Pitsiou G, Porpodis K, Lampaki S, Papaiwannou A, Katsikogiannis N, Zaric B, Branislav P, Secen N (2014): Pneumothorax: from definition to diagnosis and treatment. *J Thorac Dis* 6 (S4), 372-376

Zisis C, Tsirgogianni K, Lazaridis G, Lampaki S, Baka S, Mpoukovinas I, Karavasilis V, Kioumis I, Pitsiou G, Katsikogiannis N (2015): Chest drainage systems in use. *Ann Transl Med* 3 (3), 43-52

Danksagung

Mein Dank gebührt Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Mohammad Tezval für die Hilfestellung bei der Konzeptionierung des Themas dieser Studie und die hervorragende Betreuung und stetige Unterstützung des Promotionsvorhabens.

Ferner danke ich den Mitarbeitern aus dem Institut für Medizinische Statistik für die Beratung vor meiner statistischen Auswertung der erhobenen Daten dieser Studie.