

Aus dem Institut für Strahlendiagnostik und Nuklearmedizin  
des Klinikums Darmstadt  
Akademisches Lehrkrankenhaus der Universitäten  
Frankfurt am Main und Heidelberg / Mannheim  
Direktor: Professor Dr. P. Huppert

**Analyse computertomographischer Befunde bei Patienten  
mit Spontanpneumothorax**

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität  
zu Tübingen

vorgelegt von  
Katarzyna Agata Wolff  
aus Breslau

2007

|                      |                                   |
|----------------------|-----------------------------------|
| Dekan:               | Professor Dr. I. B. Autenrieth    |
| 1. Berichterstatter: | Professor Dr. P. E. Huppert       |
| 2. Berichterstatter: | Professor Dr. Dr. h. c. G. Ziemer |

Meiner Mutter und meinem Mann Lutz in Dankbarkeit gewidmet





## **Inhaltsverzeichnis**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Einleitung</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1. Definition und historischer Überblick  | 1         |
| 1.2. Ätiologische Klassifikation des Pneumothorax   | 1         |
| 1.2.1. Idiopathischer Spontanpneumothorax   | 2         |
| 1.2.2. Symptomatischer Spontanpneumothorax  | 3         |
| 1.2.3. Traumatischer und iatrogener Pneumothorax  | 4         |
| 1.3. Bisherige Publikationen zur Erkennung von Ursachen bei Diagnostik des idiopathischen Spontanpneumothorax | 5         |
| <br>  |           |
| <b>2. Zielsetzung</b>   | <b>9</b>  |
| <br>  |           |
| <b>3. Material und Methodik</b>   | <b>10</b> |
| 3.1. Patientengut   | 10        |
| 3.2. Methodik   | 10        |
| 3.2.1. Die CT-Untersuchung  | 10        |
| 3.2.2. Durchführung der CT-Untersuchung   | 11        |
| 3.2.3. Auswertung der CT-Untersuchungen und Beurteilungskriterien   | 12        |
| 3.2.4. Statistische Auswertung  | 13        |
| <br>  |           |
| <b>4. Ergebnisse</b>  | <b>15</b> |
| 4.1. Patientendaten   | 15        |
| 4.1.2. Altersverteilung   | 15        |
| 4.1.3. Geschlechtsverteilung  | 15        |
| 4.1.4. Seitenlokalisation   | 16        |
| 4.1.5. Body-Mass-Index  | 16        |
| 4.1.6. Art des Ereignisses  | 17        |
| 4.1.7. Nikotinkonsum  | 17        |
| 4.2. Ergebnisse der Bildanalyse   | 18        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.2.1.    | Ergebnisse der Bildanalyse bei allen CT-Untersuchungen                          | 18        |
| 4.2.2.    | Ergebnisse der Bildanalyse bei HRCT-Untersuchungen                              | 20        |
| 4.2.2.1.  | Analyse beider Seiten   | 20        |
| 4.2.2.2.  | Analyse der symptomatischen Seite   | 21        |
| 4.2.2.3.  | Analyse der asymptomatischen Seite  | 22        |
| 4.2.3.    | Ergebnisse der Bildanalyse der operierten Patienten                             | 25        |
| 4.2.3.1.  | Analyse aller operierten Patienten<br>( symptomatische Seite )                  | 25        |
| 4.2.3.2.  | Analyse der operierten Patienten mit HRCT                                       | 27        |
| 4.2.3.3.  | Ergebnisse der Bildanalyse bezüglich des<br>zentri- bzw. panlobulären Emphysems | 32        |
| 4.3.      | Beispielabbildungen zu den Ergebnissen  | 35        |
| <b>5.</b> | <b>Diskussion</b>   | <b>43</b> |
| 5.1.      | Diskussion des Materials und der Methodik                                       | 43        |
| 5.1.1.    | Patientengut  | 43        |
| 5.1.2.    | Methodik – Durchführung und Auswertung der<br>CT-Untersuchungen                 | 44        |
| 5.1.3.    | Auswertungskriterien  | 46        |
| 5.2.      | Diskussion der Ergebnisse   | 49        |
| 5.2.1.    | Patientendaten  | 49        |
| 5.2.2.    | Ergebnisse der Bildanalyse  | 50        |
| 5.3.      | Limitierende Faktoren der HRCT und Ausblicke<br>( MS-CT mit MPR)                | 56        |
| 5.4.      | Schlussfolgerung  | 60        |
| <b>6.</b> | <b>Zusammenfassung</b>  | <b>61</b> |
| <b>7.</b> | <b>Literaturverzeichnis</b>   | <b>63</b> |
|           | <b>Danksagung</b>   |           |
|           | <b>Lebenslauf</b>   |           |

## **1. Einleitung**

### **1.1. Definition und historischer Überblick**

Nach Definition bedeutet ein Pneumothorax das Eindringen von Luft in den Pleuraraum mit Aufhebung des normalerweise negativen intrapleurales Druckes (67, 25), ausgelöst durch ein Leck in der Pleura visceralis oder parietalis (28). Dies führt sekundär zu einem partiellen oder totalen Lungenkollaps (46).

Ein Luftaustritt aus der Lunge in die Pleurahöhle ohne äußere Einwirkung wird als Spontanpneumothorax bezeichnet (55, 25, 46).

Die Bezeichnung „Pneumothorax“ und zugleich die erste gesicherte Beschreibung dieses Krankheitsbildes geht auf eine Dissertation von Itard aus dem Jahre 1803 zurück (61, 28, 67)

Er sprach von einem Spontanpneumothorax, wenn ohne Gewalteinwirkung Luft in den Pleuraspalt austrat.

Laennec (36) beschreibt 1819 als Erster die Symptome und das Krankheitsbild. Er lokalisierte bereits subpleurale Emphyseblasen und deutete an, daß eine offene Verbindung zwischen Bronchialsystem und Pleura Ursache der Pneumothoraxentstehung sein kann.

Im 19. Jahrhundert und zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde als Hauptursache des Pneumothorax jedoch die Tuberkulose angesehen.

Erst 1931 konnte es Kjaergaard (38) zeigen, daß die isolierte Ruptur eines Lungenbläschens die häufigste Ursache für einen Spontanpneumothorax bei relativ Gesunden ist.

### **1.2. Ätiologische Klassifikation des Pneumothorax**

Das Krankheitsbild „Pneumothorax“ wird üblicherweise nach den Entstehungsursachen unterteilt. Obwohl schon Radomsky et al. behaupteten, daß eigentlich jede Lungenerkrankung letztendlich zum Spontanpneumothorax führen kann und Spontanpneumothorax somit eine einheitliche Folge vielfältiger

Ursachen und kein eigenes Krankheitsbild ist, ist die in der Abbildung 1 dargestellte Klassifikation von vielen Autoren anerkannt. (28, 53, 9, 25, 46).

## PNEUMOTHORAX

### SPONTANPNEUMOTHORAX

- idiopathischer (primärer) Spontanpneumothorax
- symptomatischer (sekundärer) Spontanpneumothorax

### TRAUMATISCHER PNEUMOTHORAX

### IATROGENER PNEUMOTHORAX

Abbildung 1: Ätiologische Klassifikation des Pneumothorax

Die Grundeinteilung in Spontanpneumothorax, traumatischer und iatrogener Pneumothorax folgt der Arbeit von Rangaz (60) und ist die am häufigsten gebrauchte.

#### 1.2.1. Idiopathischer Spontanpneumothorax

Als idiopathisch werden diejenigen Pneumothoraxfälle bezeichnet, bei denen keine äußere Gewalteinwirkung (53, 76) aufgetreten ist und bei denen anamnestisch, klinisch und röntgenologisch keine Ursache gefunden werden kann (46). Es ist jedoch in vielen Publikationen nachgewiesen, daß es sich zwar um klinisch lungengesunde Patienten handelt, pathologisch-anatomisch werden aber in bis zu 88 % Lungenveränderungen, überwiegend in den apikalen Lungenabschnitten festgestellt (50, 49, 70, 30).

Die Unterscheidung zwischen einem primären und sekundären Spontanpneumothorax ist also bis zu einem gewissen Grad willkürlich, da auch in den meisten Fällen des primären Spontanpneumothorax eine Ursache auffindbar ist.

Es ist breit anerkannt, dass ein Spontanpneumothoraxereignis mit Ruptur der subpleuralen Bullae oder Blasen korreliert sein kann (45, 69, 43, 76). Die seit Jahren zunehmende Favorisierung der operativen Behandlung führt zu Kenntnissen über das morphologische Substrat im Lungengewebe (59).

Dies veranlaßt Gebhardt et al. zu behaupten, daß in früheren Jahren ein hoher Anteil des als idiopathisch genannten Pneumothorax eigentlich Ausdruck einer insuffizienten Diagnostik ist.

Im Rahmen des idiopathischen Spontanpneumothorax läßt sich eine große Patientengruppe abgrenzen, die folgende Gemeinsamkeiten besitzt:

- nach allen fassbaren Parametern „lungengesunde“ Personen
- Erkrankungsgipfel 20 – 30 Lebensjahr (59; 37; 44)
- Geschlechtsquotient 3:1 (18, 59)  
Männer häufiger als Frauen
- Große leptosome Menschen (73, 58, 35)
- Vorkommen des Spontanpneumothorax in enger Korrelation mit Zigarettenkonsum (7)
- Rezidivhäufigkeit nach korrekter Thoraxdrainagebehandlung 23-45 % (56)

Die jährliche Inzidenz beträgt 5-18 / 100.000 Einwohner (67).

### 1.2.2 Symptomatischer Spontanpneumothorax

Der Begriff symptomatischer Spontanpneumothorax bezeichnet all die Pneumothoraxfälle, bei denen eine bestimmte Grunderkrankung ursächlich mit dem Pneumothorax in Zusammenhang gebracht werden kann (28, 9, 25, 18).

Dabei handelt es sich, wie schon vorher erwähnt, um eine einheitliche Folge vielfältiger zugrunde liegender Ursachen.

Die Liste der Erkrankungen, bei denen Pneumothorax als Komplikation auftreten kann, ist sehr lang.

Man kann zwischen extrapulmonalen und pulmonalen Krankheiten differenzieren. Zu den extrapulmonalen gehören zum Beispiel genetische Erkrankungen wie Mucoviscidose (18), Marfan-Syndrom, Alpha-1-Antitrypsinmangel; immunologische Systemerkrankungen wie Sklerodermie (15), Histiocytosis X (47), Lymphangioliomyomatosis (25) oder katamenial bei pleuraler Endometriose (25).

Die Vielzahl der pulmonalen Erkrankungen, die mit einem Pneumothorax kompliziert werden können, umfaßt:

- chronisch-obstruktive Lungenerkrankungen (46, 61):  
Lungenemphysem, Bullae, Asthma
- entzündliche Lungenerkrankungen (61):  
Tbc, Lungenabszeß, Pneumonie (z.B. Pneumocystitis carini-Pneumonie), Legionellose (18)
- fibrosierende Lungenerkrankungen: Silikose, Sarkoidose
- tumoröse Lungenerkrankungen:  
Bronchial- Carcinom, Metastasen, Pleuracarcinose

### 1.2.3. Traumatischer und iatrogenen Pneumothorax

Vollständigkeitshalber muß noch bei der Ätiologie und Klassifikation des Pneumothorax der traumatische und iatrogene Pneumothorax erwähnt werden. Der traumatische Pneumothorax entsteht in Folge einer Brustwandverletzung mit Verletzung der Pleura parietalis von außen (z. B. Messerstich) oder als innere Verletzung der Pleura visceralis bei z. B. Anspießung durch dislozierte

scharfkantige Rippenfragmente. Der iatrogene Pneumothorax wird durch ärztliches Handeln, sowohl therapeutisch als auch diagnostisch, hervorgerufen.

### 1.3. Bisherige Publikationen zur Erkennung von Ursachen bei Diagnostik des idiopathischen Spontanpneumothorax

Während der Anfängen der CT in den siebziger Jahren hat diese Untersuchungsmethode eine wichtige Rolle in der Beurteilung des Mediastinums gespielt, aber nur in geringerem Maße bei der Bewertung von Brustwand und Pleura (79).

Bei der Untersuchung und Einordnung diffuser Lungenerkrankungen wurde der CT eine untergeordnete Bedeutung zugewiesen (48).

Aufgrund der sehr langen Abtastzeiten und damit verbundenen „Bewegungsartefakten“ war anfangs eine adäquate Einschätzung des Lungenparenchyms noch nicht möglich (48). Erst die Einführung kurzer Aufnahmezeiten und einer engeren Kollimation zu Beginn der achtziger Jahre ermöglichte eine detaillierte Analyse des Lungenparenchyms (77).

Damit ergab sich eine neue Methode zur Erkennung interstitieller Lungenerkrankungen, die mit der konventionellen Röntgenaufnahme bisher nur unzureichend war.

Für die Diagnose des Spontanpneumothorax ist neben Anamnese, klinisch-physikalischer Untersuchung die konventionelle Röntgenaufnahme des Thorax in Expiration ausreichend. Um die richtige Differentialdiagnose anzugeben, sind jedoch weitergehende diagnostische Maßnahmen erforderlich (23, 11, 57).

Zahlreiche Studien haben belegt, daß die Computertomographie der konventionellen Bildgebung bei der Dokumentation und Zuordnung interstitieller Lungenerkrankungen deutlich überlegen ist (76, 24, 37, 22, 69, 43, 50).

Der Mechanismus des sogenannten Spontanpneumothorax wird gewöhnlich auf Ruptur von apikalen subpleuralen Blasen zurück geführt.

Mehrere Autoren sind der Meinung, daß die CT die Methode der Wahl in der Erkennung der Bullae ist (22, 69). Sie ermöglicht nicht nur präzise Lokalisation der in den Röntgenaufnahmen festgestellten Veränderungen, sondern deckt auch kleine im Röntgen unsichtbare subpleural und intrapulmonal gelegene Blasen sowie ihre Ausdehnung auf.

In den sechziger und siebziger Jahren befaßten sich mit dem Nachweis der für die Spontanpneumothorax ursächlichen oberflächlichen Blasen und Bullae in vivo überwiegend chirurgische Studie. So wurde von vielen Autoren (71, 63, 68, 72, 2) über die während der Thorakotomie oder Thorakoskopie demonstrierten Läsionen (subpleurale Blasen, Bulla, fibrotische Veränderungen) berichtet.

Thorakoskopische und chirurgische Verfahren zeigen aber ipsilaterale und oberflächliche Befunde und die histologische Untersuchung kann Veränderungen nur in reseziertem Gewebe feststellen.

Die computertomographische Untersuchung erlaubt dagegen eine nicht invasive Analyse der Lunge in vivo bilateral und wurde schon bei Patienten mit Emphysem und bullösen Lungenerkrankungen angewendet (13, 2, 24, 8).

Im Jahr 1992 erschien die prospektive Arbeit von Mitlehner et al., die die Fähigkeit der CT im Nachweis von Bullae, Blasen und fibrotischen Veränderungen im Vergleich zu den konventionellen Röntgenaufnahmen präsentieren soll.

88% der 35 in die Studie eingeschlossenen Patienten mit Spontanpneumothorax zeigte im CT verschiedene pathologische Befund, bei 80% wurden isolierte apikale Blasen/ Bullae aufgezeigt. Die konventionellen Röntgenaufnahmen demonstrierten entsprechend in 48 % und bezüglich der isolierten Blasen in der Lungenspitzenregion in 42 % bullöse Läsionen.

Die Patienten wurden einer konventionellen Thorax-CT-Untersuchung mit 10 mm Schichtdicke unterzogen und es wurden die Größe und Zahl der Blasen evaluiert, wobei als Grenzwert für die Unterscheidung der Blase und Bulla der Durchmesser von 2 cm angenommen wurde.



Die Autoren machten auch darauf aufmerksam, daß ein direkter Vergleich zwischen Thorakoskopie und CT nicht möglich ist, weil diese Methoden verschiedene anatomische Strukturen bewerten. Die Nachteile der Thorakoskopie beinhalten inkomplette Inspektionen der ganzen Lungenoberfläche, Unfähigkeit zu Visualisierung des Lungengewebes sowie Abhängigkeit von Erfahrungen des Operateurs.

Die thorakoskopischen Studien (71, 63, 68) zeigten pathologische Befunde in ca. 66 % , die makroskopischen operativen Ergebnisse (Thorakotomie) präsentierten Bullae, Blasen oder fibrotische Veränderungen in 92 % (71, 42, 55).

Ähnliche Ergebnisse erreichte Lesur et al., der 20 Patienten zwei Monate nach Pneumothoraxereignis untersucht hatte (klinische Untersuchung, Röntgen-Thorax, Lungenfunktionstest, CT) und mit 20 gesunden Freiwilligen korrelierte. Die durchgeführten Röntgenaufnahmen wurden als unauffällig bewertet. Die CT mit Schichtdicke von 1, 5 und 9 mm und Inkrement von 18 mm ergab bei 85 % der Patienten mit Spontanpneumothorax verschiedene Pathologica wie subpleurales Emphysem, zentrilobuläres Emphysem und bullöse Läsionen, wobei die Bulla als Läsion mit einem Durchmesser von > 1 cm definiert wurde.

In einer Arbeit von Kim et al. wurde ein Patientenkollektiv (61 Personen mit Erstereignis eines Spontanpneumothorax) der HRCT Untersuchung nach Anlage der Thoraxdrainage und Ausdehnung der Lunge vor einer eventuellen operativen Therapie unterzogen.

Bei 48 % der Patienten konnten signifikante Blasen (Durchmesser > 5 mm) im Lungenspitzenbereich aufgezeigt werden. 45 Patienten aus dieser Gruppe wurden operiert (videoassistierte minimalinvasive thorakoskopische Operation, sog.VATS) und bei allen stellte man intraoperativ im apikalen Oberlappen Blasen fest, so daß die Korrelation zwischen präoperativen HRCT und intraoperativen Befunden 100 % betrug.

Die Effektivität der HRCT in der Diagnosestellung der bullösen Läsionen bei Patienten mit Spontanpneumothorax hat auch Yasufuku et al. nachgewiesen. Er untersuchte 74 Fälle mit Spontanpneumothorax mittels HRCT und konventioneller CT im Hinblick auf die Existenz der bullösen Veränderungen, Anzahl, Lokalisation und Form dieser Veränderungen und verglich die Ergebnisse mit intraoperativen Befunden.

Es erfolgte auch der Vergleich der HRCT mit konventionellem CT. Bezüglich der Lokalisation und Differenzierbarkeit verschiedener Bullatypen stimmten die HRCT- und intraoperative Befunde in allen Fällen überein; es zeigte sich lediglich eine Diskrepanz in 6 Fällen bei der Bestimmung der exakten Zahl der Bullae.

Die Autoren erreichten eine diagnostische Genauigkeit der HRCT-Untersuchung von 91,8 % und betonten den hohen Stellenwert der präoperativen HRCT-Diagnostik in der Planung der Therapie.

Die Resultate der genannten Studien sind im Abschnitt „Diskussion“ dargestellt.

Bisher wurde jedoch ein Vergleich der präoperativen CT-Befund mit makroskopischen intraoperativen und histologischen Ergebnissen in der Literatur noch nicht beschrieben.

## **2. Zielsetzung**

Ziel dieser Studie war Lungenveränderungen in der HRCT-Untersuchung des Thorax bei Patienten mit Spontanpneumothorax zu erfassen.

In dieser Arbeit wurden retrospektiv Thorax-Computertomogramme von Patienten ausgewertet, die im Zeitraum vom 8/1994 bis 12/1999 in der Chirurgischen Klinik des Klinikums Darmstadt hospitalisiert wurden.

Aussagekraft und Stellenwert der diagnostischen Methode in der Beurteilung der bullösen und emphysematösen Veränderungen wurde evaluiert.

Die vorliegende Arbeit sollte die Wertigkeit der HRCT in der Erkennbarkeit der bullösen Läsionen bestimmen, wobei für die Ermittlung der endgültigen Diagnose der histologische Befund als Goldstandard herangezogen wurde.

Für die Methode sollte Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Vorhersagewert sowie Treffsicherheit (Genauigkeit) bestimmt werden. Anschließend sollte eine kritische Wertung der Methode im Vergleich mit der Literatur erfolgen.

### **3. Material und Methodik**

#### **3.1. Patientengut**

Im Rahmen der Studie wurden retrospektiv Thorax- Computertomogramme von 70 Patienten ausgewertet, die im Zeitraum von 1.08.1994 bis 31.12.1999 in der Chirurgischen Klinik des Klinikums Darmstadt wegen Spontanpneumothorax hospitalisiert wurden. Neben den CT-Untersuchungen, die in dieser Zeit durchgeführt wurden, wurden auch zwei Untersuchungen vom Jahr 1992 und je eine Untersuchung vom Jahr 1991 und 1993 in die Studie eingeschlossen.

Nach Studium der Krankengeschichten wurde in der Auswertung die Altersverteilung, Geschlechtsverteilung, Seitenlokalisierung des Pneumothorax, BMI, Nikotinkonsum und Art des Pneumothorax ( Erstereignis / Rezidiv ) ermittelt.

#### **3.2. Methodik**

##### **3.2.1. Die CT-Untersuchung**

Die Spiral-CT ( Somatom Plus VD 30, Siemens, Erlangen ) erfolgte nativ in Inspiration und in Rückenlage unter den Parametern 255 mAs und 137 kV. Es wurde bei den meisten Untersuchungen eine Fenstereinstellung mit einem Zentrum von – 500 HE und einer Breite von 1700 HE oder mit einem Zentrum von – 700 HE und einer Breite von 2000 HE verwandt. Die Bilder wurden mit einem hochauflösenden Algorithmus rekonstruiert.

Die ausgewerteten CT-Untersuchungen wurden mit einer Schichtdicke von 2, 8 bzw. 10 mm und mit einem Schichtabstand von 8 bzw. 10 mm durchgeführt.

In einzelnen wurden die Patienten, wie in Tabelle 1 angegeben, untersucht.

Tabelle 1: Zuteilung der Patienten hinsichtlich der Untersuchungstechnik

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>55 Patienten</b> | nur HRCT, 2/8 oder 2/10 mm gesamte Lunge   |
| <b>8 Patienten</b>  | Spiral-CT 8/8 oder 10/10 mm gesamte Lunge; repräsentative Schichten 2/8 oder 2/10 mm |
| <b>7 Patienten</b>  | Spiral-CT 8/8 oder 10/10 mm gesamte Lunge  |

Die repräsentative Schichten bedeuten ca. 5 Schichten im apikalen Bereich, wo am meisten pathologische Veränderungen vorkommen.

Die Patienten wurden zur Auswertung wie folgt in zwei Gruppen zusammengefasst:

Tabelle 2:

|                  |                                      |    |
|------------------|--------------------------------------|----|
| <b>Gruppe I</b>  | Alle Untersuchungen                  | 70 |
| <b>Gruppe II</b> | HRCT, 2/8 oder 2/10 mm gesamte Lunge | 55 |

### 3.2.2. Durchführung der CT-Untersuchung

In den meisten Fällen wurde die CT-Untersuchung 2 bis 7 Tage nach Anlage einer Thoraxsaugdrainage, nach Entfaltung der Lunge und mit liegender Drainage durchgeführt.

Bei fast allen Patienten, bei denen während der Untersuchung noch die Drainage lag wurde ein Restpneumothorax überwiegend apikal, aber auch ventral basal ( Untersuchung in Rückenlage ) von mindestens 0,5 cm und durchschnittlich von 2 cm beobachtet.

Es wurden 33 Patienten operiert. Das Zeitintervall zwischen CT-Untersuchung und Operation betrug minimal 1 Tag und maximal 3 Jahre, in den meisten Fälle ( 22 ) waren das einige Tage ( 1 – 22 Tage ). In den übrigen Fällen ( 11 ) lag der Abstand zur OP bei einigen Monaten und im Einzelfall sogar 3 Jahre, weil diese Patienten erst beim Auftreten eines Rezidivpneumothorax ohne vorherige unmittelbare CT-Untersuchung operiert wurden.

### 3.2.3. Auswertung der CT-Untersuchungen und Beurteilungskriterien

Die Analyse der Gruppe I ( 70 Patienten, 140 Lungen ) und der Gruppe II ( 55 Patienten, 110 Lungen ) umfasste folgende Kriterien:

- Vorhandensein von Bullae ( beide Lungen zusammen, die symptomatische und die asymptomatische Seite getrennt ) ,
- Größe der Bullae ( bis 1 cm, 1 –2 cm und über 2 cm im Durchmesser ) ,
- Anzahl der Bullae ( solitär, bis zu 5 und mehr als 5 Bullae ) ,
- Lokalisation der Bullae ( Oberlappen, Mittellappen, Unterlappen; subpleural / intrapulmonal ) .

Es wurde sowohl innerhalb der Gruppe I als auch der Gruppe II eine Untergruppe eruiert, die nur Patienten ( 33 Fälle ) beinhaltet, die sich einer operativen Therapie unterzogen haben. Die Auswertungskriterien waren wie in den Hauptgruppen.

Darüber hinaus wurde in der Gruppe II und in der Gruppe der operierten Patienten das Vorkommen des oft begleitenden zentri- oder panlobulären Emphysems beurteilt.

Um den Stellenwert der HRCT in der Erkennbarkeit der pathologischen Befunde bei sog. idiopathischem Spontanpneumothorax zu demonstrieren, wurden die Ergebnisse der HRCT- Untersuchungen mit den intraoperativen ( makroskopischen ) und den histologischen ( mikroskopischen ) Befunden verglichen. Diese wurden aus den Krankenakten eruiert.

Das Spektrum der OP-Methoden umfasste:

- Thorakoskopische Lungenspitzenresektion, bzw. Bullaresektion ( 20 Fälle ) , Pleurektomie ( 1 Fall ) , Resektion und Pleurektomie ( 6 Fälle ) sowie
- Primäre Thorakotomie ( 4 Fälle )
- Konversion von Thorakoskopie zur Thorakotomie ( 2 Fälle )

### 3.2.4. Statistische Auswertung

Für die Ermittlung der endgültigen Diagnose wurde als Goldstandard der histologische Befund herangezogen. Die histologische Korrelation war in 33 Fällen möglich.

Die Übereinstimmung, bzw. Diskrepanz der CT-Befunde und der histologischen Befunde bezüglich der bullösen Veränderungen wurde in folgende Gruppen eingestuft:

- richtig positiv ( rp )
- richtig negativ ( rn )
- falsch positiv ( fp )
- falsch negativ ( fn )

Als rp wurden die Fälle gewertet, bei denen Histologie und CT im Bezug auf die Existenz der Bullae positiv waren, wobei die Histologie nur Aussagen über das Vorhandensein der Bullae im Resektat lieferte ohne Erläuterung der Größe und der Anzahl der Bullae. Die Erklärung der Ergebnisse ( positiv/ negativ ) für die statistische Zwecke ist in der Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3:

|    | CT      | Histologie |
|----|---------|------------|
| rp | positiv | positiv    |
| rn | negativ | negativ    |
| fp | positiv | negativ    |
| fn | negativ | positiv    |

Für die Gruppe der operierten Patienten, bei denen eine HRCT durchgeführt wurde (25 Fälle), wurden folgende statistische Werte bestimmt:

- **Sensitivität:** Anteil der erkrankten Patienten, die als positiv bewertet wurden.

**SE** = richtig positive / Gesamtzahl der Patienten mit endgültig positiver Diagnose

- **Spezifität:** Anteil der krankheitsfreien Patienten, die als negativ bewertet wurden

**SP** = richtig negative / Gesamtzahl der Patienten mit endgültig negativer Diagnose

- **Treffericherheit ( Genauigkeit ):** Anteil der Ergebnisse ( positiv und negativ), die mit der endgültigen Diagnose übereinstimmen.

**TS** = richtig positive + richtig negative / Gesamtzahl der Patienten in der Studie

- **Positiver Vorhersagewert:** Anteil der als positiv beurteilten Patienten, die an diese Krankheit leiden.

**PPV** = richtig positive / richtig positive + falsch positive

- **Negativer Vorhersagewert:** Anteil der Patienten, die als negativ beurteilt wurden und die diese Krankheit nicht haben.

**NPV** = richtig negative / richtig negative + falsch negative



## 4. Ergebnisse

### 4.1. Patientendaten

#### 4.1.2. Altersverteilung

Bei den untersuchten Patienten ergab sich in den Tabellen 4a und 4b dargestellte Altersverteilung. Mehrheit der Fälle findet sich in den Gruppen der 20 – 29jährigen und 30 – 39jährigen.

Tabelle 4a: Altersverteilung der Gruppe I ( alle Patienten )

| Altersgruppe  | < 20 | 20 - 29 | 30 - 39 | 40 - 49 | 50 - 59 | > 60 |
|---------------|------|---------|---------|---------|---------|------|
| Patientenzahl | 8    | 26      | 14      | 4       | 7       | 11   |
| Prozentsatz   | 11%  | 37%     | 20%     | 6%      | 10%     | 16%  |

Tabelle 4b: Altersverteilung der Gruppe II ( 55 Patienten, die nur HRCT-Untersuchung unterzogen wurden )

| Altersgruppe  | < 20 | 20 - 29 | 30 - 39 | 40 - 49 | 50 - 59 | > 60 |
|---------------|------|---------|---------|---------|---------|------|
| Patientenzahl | 7    | 24      | 10      | 4       | 4       | 6    |
| Prozentsatz   | 13%  | 44%     | 18%     | 7%      | 7%      | 11%  |

#### 4.1.3. Geschlechtsverteilung

Die Geschlechtsverteilung war in beiden Gruppen annähernd gleich (Tab. 5a und 5b) und ergab für die Gruppe I einen Quotient von 4 : 1 und für die Gruppe II ca. 6 : 1 zugunsten des männlichen Geschlechts.

Tabelle 5a: Geschlechtsverteilung der Gruppe I

|          |    |     |
|----------|----|-----|
| männlich | 56 | 80% |
| weiblich | 14 | 20% |

Tabelle 5b: Geschlechtsverteilung der Gruppe II ( 55 Patienten, die nur HRCT-Untersuchung unterzogen wurden )

|          |    |     |
|----------|----|-----|
| männlich | 47 | 85% |
| weiblich | 8  | 15% |

#### 4.1.4. Seitenlokalisierung

Die Tabellen 6a und 6b zeigen wie häufig in den zwei Gruppen der Pneumothorax rechts oder links auftrat. Die rechte Seite war deutlich häufiger als die linke betroffen.

Tabelle 6a: Seitenlokalisierung des Pneumothorax ( Gruppe I )

|        |    |     |
|--------|----|-----|
| Rechts | 42 | 60% |
| Links  | 28 | 40% |

Tabelle 6b: Seitenlokalisierung des Pneumothorax ( Gruppe II )

|        |    |     |
|--------|----|-----|
| Rechts | 32 | 58% |
| Links  | 23 | 42% |

#### 4.1.5. Body-Mass-Index

Der errechnete BMI ( Tab. 7a und 7b ) wies darauf hin, dass es sich überwiegend um schlanke normal- oder untergewichtige Patienten handelt.

Tabelle 7a: BMI ( Gruppe I )

|               |               |      |         |      |
|---------------|---------------|------|---------|------|
| BMI           | Keine Angaben | < 20 | 20 - 25 | > 25 |
| Patientenzahl | 7             | 20   | 36      | 7    |

Tabelle 7b: BMI ( Gruppe II )

| BMI           | Keine Angaben | < 20 | 20 - 25 | > 25 |
|---------------|---------------|------|---------|------|
| Patientenzahl | 7             | 13   | 28      | 7    |

#### 4.1.6. Art des Ereignisses

Bei der Analyse der Krankengeschichten wurde evaluiert, ob ein Erstpneumothorax oder ein Rezidiv vorlag (Tab. 8a und 8b). Die Gesamtbetrachtung zeigt die Überzahl der Erstmanifestation.

Tabelle 8a: Art des Pneumothorax ( Gruppe I )

|              |    |     |
|--------------|----|-----|
| Erstereignis | 61 | 87% |
| Rezidiv      | 9  | 13% |

Tabelle 8b: Art des Pneumothorax ( Gruppe II )

|              |    |     |
|--------------|----|-----|
| Erstereignis | 47 | 85% |
| Rezidiv      | 8  | 15% |

#### 4.1.7. Nikotinkonsum

Der tägliche Zigarettenverbrauch der Patienten wurde vermerkt und ist in Tabelle 9a und 9b dargelegt. Die meisten Patienten waren Raucher, was das häufige Auftreten des Pneumothorax in Korrelation mit Nikotinkonsum bestätigt.

Tabelle 9a: Nikotinkonsum ( Gruppe I )

| Raucher                                       | Nichtraucher | keine Angaben |
|---|--------------|---------------|
| 39<br>davon 23 Pat. 20 oder mehr<br>Zig / die | 16           | 15            |

Tabelle 9b: Nikotinkonsum ( Gruppe II )

| Raucher                                       | Nichtraucher | keine Angaben |
|---|--------------|---------------|
| 29<br>davon 17 Pat. 20 oder mehr<br>Zig / die | 15           | 11            |

#### 4.2. Ergebnisse der Bildanalyse

Für die Bildanalyse wurden die CT-Untersuchungen in zwei Hauptgruppen eingeteilt:

- Gruppe I: alle Untersuchungen, sowohl HRCT als auch konventionelle Thorax-CT mit 8 oder 10 mm Schichtdicke mit oder ohne repräsentative HRCT- Schichten ( 2 mm )
- Gruppe II: nur HRCT der gesamten Lunge mit einer Schichtdicke von 2 mm und einem Schichtabstand von 8 oder 10 mm.

Die erhobenen Befunde in der Gruppe II wurden wie folgend zusammengestellt:

- beide Lungen zusammen
- die symptomatische Seite
- die asymptomatische Seite.

Die wichtigsten Auswertungsgruppen bilden jedoch die zwei Untergruppen der operierten Patienten:

- alle operierte Patienten ( 33 Fälle )
- operierte Patienten mit HRCT ( 25 Fälle )

da hier die Korrelation der CT-Diagnosen und der histologischen sowie intraoperativen Befunde und somit die statistische Auswertung möglich war.

##### 4.2.1. Ergebnisse der Bildanalyse bei allen CT-Untersuchungen

Die Befunde der insgesamt 140 Lungen wurden unter folgenden Kriterien klassifiziert: Größe, Anzahl und Lage der Bullae und das Vorhandensein der

Bullae auf der ipsilateralen Seite ( Pneumothoraxseite ) und / oder auf der kontralateralen Seite. Als „Bulla“, wurden jegliche blasige Veränderungen gewertet, unabhängig von der Größe.

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 10 - 13 wiedergegeben.

Tabelle 10: Analyse der Bullae nach Größe

| Patienten = 70<br>Lungen = 140 | keine<br>Veränderungen | < 1 cm       | 1- 2 cm    | > 2 cm       |
|--------------------------------|------------------------|--------------|------------|--------------|
| <b>Rechts</b>                  | 21 ( 30% )             | 16 ( 23% )   | 21 ( 30% ) | 12 ( 17% )   |
| <b>Links</b>                   | 28 ( 40% )             | 14 ( 20% )   | 21 ( 30% ) | 7 ( 10% )    |
| <b>Zusammen</b>                | 49 ( 35% )             | 30 ( 21,4% ) | 42 ( 30% ) | 19 ( 13,6% ) |

Tabelle 11: Analyse der Bullae nach Anzahl

| Patienten =70<br>Lungen = 140 | keine<br>Veränderungen | solitär   | bis zu 5   | mehr als 5 |
|-------------------------------|------------------------|-----------|------------|------------|
| <b>Rechts</b>                 | 21 ( 30% )             | 8 ( 11% ) | 14 ( 20% ) | 27 ( 39% ) |
| <b>Links</b>                  | 28 ( 40% )             | 5 ( 7% )  | 18 ( 26% ) | 19 ( 27% ) |
| <b>Zusammen</b>               | 49 ( 35% )             | 13 ( 9% ) | 32 ( 23% ) | 46 ( 33% ) |

Tabelle12: Analyse der Bullae nach Lage

|                       | Oberlappen | Mittellappen | Unterbappen |
|-----------------------|------------|--------------|-------------|
| <b>Rechts</b><br>n=49 | 48 ( 98% ) | 8 ( 16% )    | 17 ( 35% )  |
| <b>Links</b><br>n=42  | 40 ( 95% ) | 12 ( 28% )   | 10 ( 24% )  |
| <b>Zusammen</b>       | 88 ( 97% ) | 20 ( 22% )   | 27 ( 29% )  |

Tabelle13:

| n= 70                     | bullöse Veränderungen |
|---------------------------|-----------------------|
| bilateral                 | 37                    |
| nur symptomatische Seite  | 11                    |
| nur asymptomatische Seite | 6                     |

#### 4.2.2. Ergebnisse der Bildanalyse bei HRCT-Untersuchungen

Diese Gruppe umfasst die 55 Patienten, bei denen HRCT des Thorax durchgeführt wurde und wurde deshalb separat ausgewertet, da die HRCT als diagnostischer Standard gilt. Es wurden die gleichen Beurteilungskriterien angewendet. Hier wurden darüber hinaus symptomatische Seite (Pneumothoraxseite) und asymptomatische Seite getrennt analysiert.

##### 4.2.2.1. Analyse beider Seiten

Hier wurden insgesamt 110 Lungen beurteilt. In 39 Fällen fanden sich keine Veränderungen und in 71 Fällen zeigten sich verschiedene blasige Läsionen. Die Tabellen 14 - 17 geben alle festgestellten Befunde mit Zahlen wieder.

Tabelle 14: Analyse der Bullae nach Größe

| Patienten =55<br>Lungen = 110 | keine<br>Veränderungen | < 1 cm     | 1- 2 cm    | > 2 cm     |
|-------------------------------|------------------------|------------|------------|------------|
| <b>Rechts</b>                 | 17 ( 31% )             | 17 ( 31% ) | 13 ( 24% ) | 8 ( 14% )  |
| <b>Links</b>                  | 22 ( 40% )             | 14 ( 25% ) | 12 ( 22% ) | 7 ( 13% )  |
| <b>Zusammen</b>               | 39 ( 35% )             | 31 ( 28% ) | 25 ( 23% ) | 15 ( 14% ) |

Tabelle15: Analyse der Bullae nach Anzahl

| Patienten = 55<br>Lungen = 110 | keine<br>Veränderungen | solitäre  | bis zu 5   | mehr als 5 |
|--------------------------------|------------------------|-----------|------------|------------|
| <b>Rechts</b>                  | 17 ( 31% )             | 6 ( 11% ) | 12 ( 22% ) | 20 ( 36% ) |
| <b>Links</b>                   | 22 ( 40% )             | 4 ( 7% )  | 13 ( 24% ) | 16 ( 29% ) |
| <b>Zusammen</b>                | 39 ( 35% )             | 10 ( 9% ) | 25 ( 23% ) | 36 ( 33% ) |

Tabelle16: Analyse der Bullae nach Lage

|                       | Oberlappen | Mittellappen | Unterbappen |
|-----------------------|------------|--------------|-------------|
| <b>Rechts</b><br>n=38 | 37 ( 97% ) | 5 ( 13% )    | 13 ( 34% )  |
| <b>Links</b><br>n=33  | 31 ( 94% ) | 10 ( 30% )   | 9 ( 27% )   |
| <b>Zusammen</b>       | 68 ( 96% ) | 15 ( 21% )   | 22 ( 31% )  |

Tabelle17:

|                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| n= 55                     | bullöse Veränderungen |
| bilateral                 | 29                    |
| nur symptomatische Seite  | 8                     |
| nur asymptomatische Seite | 6                     |

#### 4.2.2.2. Analyse der symptomatischen Seite

Bei den 55 Patienten waren computertomographisch in 37 Fällen bullöse Veränderungen nachweisbar. Die Größe, Anzahl und Lokalisation der Läsionen ist in den folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle18:

| Pneumothorax | Patientenzahl | Prozentsatz |
|--------------|---------------|-------------|
| Rechts       | 32            | 58%         |
| Links        | 23            | 42%         |

Tabelle 19:

| Pneumothorax              | keine Veränderungen | bullöse Veränderungen |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|
| Rechts<br>n = 32          | 10 ( 31% )          | 22 ( 69% )            |
| Links<br>n = 23           | 8 ( 35% )           | 15 ( 65% )            |
| <b>Zusammen</b><br>n = 55 | 18 ( 33% )          | 37 ( 67% )            |

Tabelle 20: Analyse der Bullae nach Größe

| Pneumothorax              | keine Veränderungen | < 1 cm     | 1- 2 cm    | > 2 cm    |
|---------------------------|---------------------|------------|------------|-----------|
| <b>Rechts</b><br>n = 32   | 10 ( 31% )          | 8 ( 25% )  | 7 ( 22% )  | 7 ( 22% ) |
| <b>Links</b><br>n = 23    | 8 ( 35% )           | 9 ( 39% )  | 6 ( 26% )  | 0 ( 0% )  |
| <b>Zusammen</b><br>n = 55 | 18 ( 33% )          | 17 ( 31% ) | 13 ( 23% ) | 7 ( 13% ) |

Tabelle 21: Analyse der Bullae nach Anzahl

| Pneumothorax              | keine Veränderungen | solitäre  | bis zu 5   | mehr als 5 |
|---------------------------|---------------------|-----------|------------|------------|
| <b>Rechts</b><br>n = 32   | 10 ( 31% )          | 1 ( 3% )  | 8 ( 25% )  | 13 ( 41% ) |
| <b>Links</b><br>n = 23    | 8 ( 35% )           | 4 ( 17% ) | 8 ( 35% )  | 3 ( 13% )  |
| <b>Zusammen</b><br>n = 55 | 18 ( 33% )          | 5 ( 9% )  | 16 ( 29% ) | 16 ( 29% ) |

Tabelle 22: Analyse der Bullae nach Lage

| <b>Rechts</b>                            | nur OL     | nur ML | nur UL | 2 Etagen<br>( OL und<br>zusätzlicher<br>Lappen ) | alle Lappen |
|--|------------|--------|--------|--|-------------|
| n= 22, da bei<br>10 Pat.<br>keine Bullae | 13 ( 59% ) | 0      | 0      | 5 ( 23% )  | 4 ( 18% )   |

| nur subpleural | nur intrapulmonal | beide<br>Lokalisationen |
|----------------|-------------------|-------------------------|
| 15             | 0                 | 7                       |

| <b>Links</b>                            | nur OL       | nur ML | nur UL     | 2 Etagen<br>( OL und<br>zusätzlicher<br>Lappen ) | alle Lappen |
|---|--------------|--------|------------|--|-------------|
| n= 15, da bei<br>8 Pat. keine<br>Bullae | 12 ( 80,2% ) | 0      | 1 ( 6,6% ) | 1 ( 6,6% )                                       | 1 ( 6,6% )  |

| nur subpleural | nur intrapulmonal | beide<br>Lokalisationen |
|----------------|-------------------|-------------------------|
| 14             | 0                 | 1                       |

#### 4.2.2.3. Analyse der asymptomatischen Seite

Mit Hilfe der Computertomographie ließen sich bei 34 der 55 Patienten auch auf der asymptomatischen ( ohne Pneumothorax ) Seite bullöse Läsionen erkennen, so dass die Existenz der Bullae annähernd gleich ist. Auch die



Prozentangaben hinsichtlich der Größe, Anzahl und Lokalisation der Veränderungen wichen nicht weit voneinander ab. Die Auswertung dieses Kollektivs erfolgte in gleicher Weise wie der symptomatischen Seite und wird in den Tabellen 23 - 27 dargelegt.

Tabelle 23:

| Kein Pneumothorax | Patientenzahl | Prozentsatz |
|-------------------|---------------|-------------|
| Rechts            | 23            | 42%         |
| Links             | 32            | 58%         |

Tabelle 24:

| asymptomatische Seite     | keine Veränderungen | bullöse Veränderungen |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|
| Rechts<br>n = 23          | 7 ( 30% )           | 16 ( 70% )            |
| Links<br>n = 32           | 14 ( 44% )          | 18 ( 56% )            |
| <b>Zusammen</b><br>n = 55 | 21 ( 38% )          | 34 ( 62% )            |

Tabelle 25: Analyse der Bullae nach Größe

| asymptomatische Seite     | keine Veränderungen | < 1 cm     | 1- 2 cm    | > 2 cm     |
|---------------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| <b>Rechts</b><br>n = 23   | 7 ( 30,5% )         | 6 ( 26% )  | 9 ( 39% )  | 1 ( 4,5% ) |
| <b>Links</b><br>n = 32    | 14 ( 44% )          | 4 ( 12% )  | 9 ( 28% )  | 5 ( 16% )  |
| <b>Zusammen</b><br>n = 55 | 21 ( 38% )          | 10 ( 18% ) | 18 ( 33% ) | 6 ( 11% )  |

Tabelle 26: Analyse der Bullae nach Anzahl

| asymptomatische Seite     | keine Veränderungen | solitäre  | bis zu 5   | mehr als 5  |
|---------------------------|---------------------|-----------|------------|-------------|
| <b>Rechts</b><br>n = 23   | 7 ( 30,5% )         | 5 ( 22% ) | 4 ( 17% )  | 7 ( 30,5% ) |
| <b>Links</b><br>n = 32    | 14 ( 44% )          | 0         | 7 ( 22% )  | 11 ( 34% )  |
| <b>Zusammen</b><br>n = 55 | 21 ( 38% )          | 5 ( 9% )  | 11 ( 20% ) | 18 ( 33% )  |

Tabelle 27: Analyse der Bullae nach Lage

| <b>Rechts</b>                           | nur OL     | nur ML | nur UL   | 2 Etagen<br>( OL und<br>zusätzlicher<br>Lappen ) | alle Lappen |
|---|------------|--------|----------|--|-------------|
| n= 16, da bei<br>7 Pat. keine<br>Bullae | 12 ( 75% ) | 0      | 1 ( 6% ) | 2 ( 13% )  | 1 ( 6% )    |

| nur subpleural | nur intrapulmonal | beide<br>Lokalisationen |
|----------------|-------------------|-------------------------|
| 14             | 0                 | 2                       |

| <b>Links</b>                             | nur OL    | nur ML | nur UL   | 2 Etagen<br>( OL und<br>zusätzlicher<br>Lappen ) | alle Lappen |
|--|-----------|--------|----------|--|-------------|
| n= 18, da bei<br>14 Pat. keine<br>Bullae | 8 ( 44% ) | 0      | 1 ( 6% ) | 4 ( 22% )  | 5 ( 28% )   |

| nur subpleural | nur intrapulmonal | beide<br>Lokalisationen |
|----------------|-------------------|-------------------------|
| 12             | 0                 | 6                       |

#### 4.2.3. Ergebnisse der Bildanalyse der operierten Patienten

Die Auswertung dieses Kollektivs erfolgte nach den gleichen Kriterien wie in der Gruppe I und II. Die Patienten wurden jedoch noch zusätzlich in Abhängigkeit von der CT-Methode eingeteilt in eine Gruppe aller operierten Fälle ( 33 ), bei denen ein HRCT nur in repräsentativen Schichten neben einem konventionellen Spiral-CT des Thorax angefertigt wurde und in eine Gruppe der operierten Patienten ( 25 ), die einer HRCT-Untersuchung des ganzen Thorax unterzogen wurden.

##### 4.2.3.1. Analyse aller operierten Patienten ( symptomatische Seite )

Von allen in die Studie eingeschlossenen 70 Patienten wurden 33 operiert ( Tab 28 ).

Tabelle 28:

|                   |    |
|-------------------|----|
| Gesamtzahl der OP | 33 |
| rechts            | 20 |
| links             | 13 |

Bei 25 der 33 Patienten wurden mittels Computertomographie auf der symptomatischen Seite bullöse Veränderungen entdeckt. Die meisten zeigten eine Größe von 1 – 2 cm im Durchmesser und eine multiples Vorkommen. Alle im CT erhobene Befunde sind in den folgenden Tabellen erfasst.

Tabelle 29: Symptomatische Seite, alle CT-Untersuchungen

| Operierter Pneumothorax   | keine Veränderungen | bullöse Veränderungen |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|
| Rechts<br>n = 20          | 4 ( 20% )           | 16 ( 80% )            |
| Links<br>n = 13           | 4 ( 31% )           | 9 ( 69% )             |
| <b>Zusammen</b><br>n = 33 | 8 ( 24% )           | 25 ( 76% )            |

Tabelle 30: Analyse der Bullae nach Größe

| Operierter Pneumothorax   | keine Veränderungen | < 1 cm    | 1- 2 cm    | > 2 cm    |
|---------------------------|---------------------|-----------|------------|-----------|
| <b>Rechts</b><br>n = 20   | 4 ( 20% )           | 4 ( 20% ) | 6 ( 30% )  | 6 ( 30% ) |
| <b>Links</b><br>n = 13    | 4 ( 31% )           | 4 ( 31% ) | 5 ( 38% )  | 0         |
| <b>Zusammen</b><br>n = 33 | 8 ( 24% )           | 8 ( 24% ) | 11 ( 34% ) | 6 ( 18% ) |

Tabelle 31: Analyse der Bullae nach Anzahl

| Operierter Pneumothorax   | keine Veränderungen | solitäre  | bis zu 5     | mehr als 5   |
|---------------------------|---------------------|-----------|--------------|--------------|
| <b>Rechts</b><br>n = 20   | 4 ( 20% )           | 2 ( 10% ) | 6 ( 30% )    | 8 ( 40% )    |
| <b>Links</b><br>n = 13    | 4 ( 31% )           | 1 ( 8% )  | 5 ( 38% )    | 3 ( 23% )    |
| <b>Zusammen</b><br>n = 33 | 8 ( 24% )           | 3 ( 9% )  | 11 ( 33,5% ) | 11 ( 33,5% ) |

Tabelle 32: Analyse der Bullae nach Lage

| <b>Rechts</b>                           | nur OL | nur ML | nur UL | 2 Etagen<br>( OL und<br>zusätzlicher<br>Lappen ) | alle Lappen |
|---|--------|--------|--------|--|-------------|
| n= 16, da bei<br>4 Pat. keine<br>Bullae | 8      | 0      | 1      | 4  | 3           |

| nur subpleural | nur intrapulmonal | beide<br>Lokalisationen |
|----------------|-------------------|-------------------------|
| 11             | 0                 | 5                       |

| <b>Links</b>                           | nur OL | nur ML | nur UL | 2 Etagen<br>( OL und<br>zusätzlicher<br>Lappen ) | alle Lappen |
|--|--------|--------|--------|--|-------------|
| n= 9, da bei<br>4 Pat. keine<br>Bullae | 7      | 0      | 0      | 1  | 1           |

|                |                   |                      |
|----------------|-------------------|----------------------|
| nur subpleural | nur intrapulmonal | beide Lokalisationen |
| 7              | 0                 | 2                    |

Die CT, intraoperative und histologische Befunde wurden gegenübergestellt und die positive oder negative Korrelation notiert, wobei als Referenzwert der histologische Befund herangezogen wurde. Man muss aber noch bemerken, dass diese Auswertung eine inhomogene CT-Methodik beinhaltet, wie oben ausgeführt.

Tabelle 33:

|                                     | CT          | OP   | Histologie  | Summe | Wert |
|-------------------------------------|-------------|------|-------------|-------|------|
| Existenz der bullösen Veränderungen | <b>ja</b>   | ja   | <b>ja</b>   | 20    | rp   |
|                                     | <b>nein</b> | nein | <b>nein</b> | 1     | rn   |
|                                     | <b>ja</b>   | nein | <b>ja</b>   | 4     | rp   |
|                                     | <b>nein</b> | nein | <b>ja</b>   | 3     | fn   |
|                                     | <b>nein</b> | ja   | <b>ja</b>   | 3     | fn   |
|                                     | <b>nein</b> | ja   | <b>nein</b> | 1     | rn   |
|                                     | <b>ja</b>   | nein | <b>nein</b> | 1     | fp   |

| Gesamtzahl | Wert |
|------------|------|
| 24         | rp   |
| 2          | rn   |
| 1          | fp   |
| 6          | fn   |

Legende:  
 rp = richtig positiv  
 rn = richtig negativ  
 fp = falsch positiv  
 fn = falsch negativ

#### 4.2.3.2. Analyse der operierten Patienten mit HRCT

Bei 20 der 25 operierten Patienten, bei denen präoperativ vollständige HRCT-Untersuchungen des Thorax durchgeführt wurden, ließen sich im CT auf der symptomatischen Seite bullöse Läsionen nachweisen ( Tab 34 ).

Immerhin wurden auch auf der asymptomatischen Seite bei 18 Patienten im CT Bullae entdeckt ( Tab 35 ).

Die detaillierte Auswertung sowohl der mit Pneumothorax betroffenen Seite als auch der ohne Pneumothorax ist in den Tabellen 36 - 40 wiedergegeben.

Tabelle 34: Symptomatische Seite  
Analyse vollständiger HRCT-Untersuchungen

| Operierter Pneumothorax   | keine Veränderungen | bullöse Veränderungen |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|
| <b>Rechts</b><br>n = 13   | 2 ( 15% )           | 11 ( 85% )            |
| <b>Links</b><br>n = 12    | 3 ( 25% )           | 9 ( 75% )             |
| <b>Zusammen</b><br>n = 25 | 5 ( 20% )           | 20 ( 80% )            |

Tabelle 35: Asymptomatische Seite  
Analyse vollständiger HRCT-Untersuchungen

|                           | keine Veränderungen | bullöse Veränderungen |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|
| <b>Rechts</b><br>n = 12   | 4 ( 33% )           | 8 ( 67% )             |
| <b>Links</b><br>n = 13    | 3 ( 23% )           | 10 ( 77% )            |
| <b>Zusammen</b><br>n = 25 | 7 ( 28% )           | 18 ( 72% )            |

Tabelle 36: Analyse der Bullae nach Größe ( symptomatische Seite )

| Operierter Pneumothorax   | keine Veränderungen | < 1 cm    | 1- 2 cm   | > 2 cm    |
|---------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Rechts</b><br>n = 13   | 2 ( 15% )           | 3 ( 23% ) | 4 ( 31% ) | 4 ( 31% ) |
| <b>Links</b><br>n = 12    | 3 ( 25% )           | 4 ( 33% ) | 5 ( 42% ) | 0         |
| <b>Zusammen</b><br>n = 25 | 5 ( 20% )           | 7 ( 28% ) | 9 ( 36% ) | 4 ( 16% ) |

Tabelle 37: Analyse der Bullae nach Anzahl ( symptomatische Seite )

| Operierter Pneumothorax  | keine Veränderungen | solitäre | bis zu 5   | mehr als 5 |
|--------------------------|---------------------|----------|------------|------------|
| <b>Rechts</b><br>n = 13  | 2 ( 15% )           | 0        | 5 ( 39% )  | 8 ( 46% )  |
| <b>Links</b><br>n = 12   | 3 ( 25% )           | 1 ( 8% ) | 5 ( 42% )  | 3 ( 25% )  |
| <b>Zusammen</b><br>n= 25 | 5 ( 20% )           | 1 ( 4% ) | 10 ( 40% ) | 9 ( 36% )  |

Tabelle 38: Analyse der Bullae nach Lage ( symptomatische Seite )

| <b>Rechts</b>                     | nur OL | nur ML | nur UL | 2 Etagen<br>( OL und zusätzlicher Lappen ) | alle Lappen |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--|-------------|
| n= 11, da bei 2 Pat. keine Bullae | 5      | 0      | 0      | 3  | 3           |

| nur subpleural | nur intrapulmonal | beide Lokalisationen |
|----------------|-------------------|----------------------|
| 7              | 0                 | 4                    |

| <b>Links</b>                     | nur OL | nur ML | nur UL | 2 Etagen<br>( OL und zusätzlicher Lappen ) | alle Lappen |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--|-------------|
| n= 9, da bei 3 Pat. keine Bullae | 7      | 0      | 0      | 1  | 1           |

| nur subpleural | nur intrapulmonal | beide Lokalisationen |
|----------------|-------------------|----------------------|
| 7              | 0                 | 2                    |

Tabelle 39: Analyse der Bullae nach Größe ( asymptotische Seite )

|                           | keine Veränderungen | < 1 cm    | 1- 2 cm    | > 2 cm    |
|---------------------------|---------------------|-----------|------------|-----------|
| <b>Rechts</b><br>n = 12   | 4 ( 33% )           | 3 ( 25% ) | 5 ( 42% )  | 0         |
| <b>Links</b><br>n = 13    | 3 ( 23% )           | 2 ( 15% ) | 5 ( 38% )  | 3 ( 23% ) |
| <b>Zusammen</b><br>n = 25 | 7 ( 28% )           | 5 ( 20% ) | 10 ( 40% ) | 3 ( 12% ) |

Tabelle 40: Analyse der Bullae nach Anzahl ( asymptotische Seite )

|                           | keine Veränderungen | solitäre  | bis zu 5  | mehr als 5 |
|---------------------------|---------------------|-----------|-----------|------------|
| <b>Rechts</b><br>n = 12   | 4 ( 33% )           | 2 ( 17% ) | 2 ( 17% ) | 4 ( 33% )  |
| <b>Links</b><br>n = 13    | 3 ( 23% )           | 1 ( 8% )  | 2 ( 15% ) | 7 ( 54% )  |
| <b>Zusammen</b><br>n = 25 | 7 ( 28% )           | 3 ( 12% ) | 4 ( 16% ) | 11 ( 44% ) |

Auch für dieses Kollektiv wurden die CT, intraoperative und histologische Befunde gegenübergestellt und die positive oder negative Korrelation notiert, wobei als Referenzwert (Goldstandard) der histologische Befund herangezogen wurde ( Tab 41).

In dieser Gruppe wurde jedoch, im Gegensatz zu allen operierten Patienten, eine homogene CT- Methodik ( HRCT ) angewandt.

Tabelle 41:

|                                     | CT          | OP   | Histologie  | Summe | Wert |
|-------------------------------------|-------------|------|-------------|-------|------|
| Existenz der bullösen Veränderungen | <b>ja</b>   | ja   | <b>ja</b>   | 16    | rp   |
|                                     | <b>nein</b> | nein | <b>nein</b> | 1     | rn   |
|                                     | <b>ja</b>   | nein | <b>ja</b>   | 3     | rp   |
|                                     | <b>nein</b> | ja   | <b>ja</b>   | 3     | fn   |
|                                     | <b>nein</b> | ja   | <b>nein</b> | 1     | rn   |
|                                     | <b>ja</b>   | nein | <b>nein</b> | 1     | fp   |



|            |      |
|------------|------|
| Gesamtzahl | Wert |
| 25         |      |
| 19         | rp   |
| 2          | rn   |
| 1          | fp   |
| 3          | fn   |

Legende:  
 rp = richtig positiv  
 rn = richtig negativ  
 fp = falsch positiv  
 fn = falsch negativ

Es wurden 20 Patienten mit positivem CT-Befund und 5 Patienten mit negativem CT-Befund operiert.

In 76% der Fälle (19/25) war die computertomographische Diagnose bei vollständiger HRCT des Thorax mit Nachweis bullöser Veränderungen richtig positiv. Bei 3 Patienten ( 12% ) zeigten die CT- Bilder keine eindeutigen Bullae, obwohl in den intraoperativen und histologischen Befunden von Veränderungen berichtet wurde.

Die Sensitivität der HRCT lag dementsprechend bei 86% (19/22), während die Spezifität nur 66,6% (2/3) erreichte. Der positive Vorhersagewert ( PPV ) errechnete sich zu 95% (19/20). Die Fähigkeit des Verfahrens, Bullae auszuschließen ( negativer Vorhersagewert, NPV ) betrug jedoch nur 40% (2/5). Die Genauigkeit der Methode beträgt somit 84% (21/25). 3 von 5 Patienten mit negativem CT-Befund haben positive histologische Befunde.

Das Kollektiv der „richtig positiven“ operierten Patienten mit HRCT ( 19 ) wurde, wie die anderen Gruppen, einer detaillierten Analyse unterzogen. Auch hier dominierten Bullae mit einem Durchmesser von 1 – 2 cm und das multiple Vorkommen vornehmlich im Oberlappen ( Tab 42 und 43 ).

Tabelle 42: Analyse der Bullae nach Größe

|                           | < 1 cm      | 1- 2 cm     | > 2 cm      |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Rechts</b><br>n = 11   | 3 ( 27,2% ) | 4 ( 36,4% ) | 4 ( 36,4% ) |
| <b>Links</b><br>n = 8     | 4 ( 50% )   | 4 ( 50% )   | 0           |
| <b>Zusammen</b><br>n = 19 | 7 ( 37% )   | 8 ( 42% )   | 4 ( 21% )   |

Tabelle 43: Analyse der Bullae nach Anzahl

|                           | solitäre    | bis zu 5    | mehr als 5  |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Rechts</b><br>n = 11   | 0           | 4 ( 36% )   | 7 ( 64% )   |
| <b>Links</b><br>n = 8     | 1 ( 12,5% ) | 5 ( 62,5% ) | 2 ( 25% )   |
| <b>Zusammen</b><br>n = 19 | 1 ( 5,2% )  | 9 ( 47,4% ) | 9 ( 47,4% ) |

Tabelle 44: Analyse der Bullae nach Lage

| Rechts | nur OL | nur ML | nur UL | 2 Etagen<br>( OL und<br>zusätzlicher<br>Lappen ) | alle Lappen |
|--------|--------|--------|--------|--|-------------|
| n= 11  | 5      | 0      | 0      | 3  | 3           |

| nur subpleural | nur intrapulmonal | beide<br>Lokalisationen |
|----------------|-------------------|-------------------------|
| 7              | 0                 | 4                       |

| Links | nur OL | nur ML | nur UL | 2 Etagen<br>( OL und<br>zusätzlicher<br>Lappen ) | alle Lappen |
|-------|--------|--------|--------|--|-------------|
| n= 8  | 6      | 0      | 0      | 1  | 1           |

| nur subpleural | nur intrapulmonal | beide<br>Lokalisationen |
|----------------|-------------------|-------------------------|
| 7              | 0                 | 1                       |

#### 4.2.3.3. Ergebnisse der Bildanalyse bezüglich des zentri- bzw. panlobulären Emphysems

Neben der Auswertung im Hinblick auf das Vorhandensein der bullösen Veränderungen wurde die Gruppe II ( 55 Fälle ) und die Gruppe der operierten Patienten ( 33 Fälle ) bezüglich des häufig parallel vorkommenden zentri- und / oder panlobulären Emphysems charakterisiert. Es zeigte sich eine

Prävalenz auch dieser Emphysemtypen in den Oberlappen ( 18 Lungen, Tab. 46 ). Am häufigsten waren jedoch die Lungen mit nur bullösem Emphysem ( 49 Lungen) oder gemischte Formen des zentri-/ panlobulären Emphysem mit Bullae ( Tab.45 ).

Tabelle 45:

| Patienten = 55<br>Lungen = 110 | z. E.  | p. E. | b. E.    | g. E.<br>mit Bullae | Wab.   | keine<br>Veränderungen |
|--------------------------------|--------|-------|----------|---------------------|--------|------------------------|
| <b>Rechts</b>                  | 0      | 0     | 25 (45%) | 11 (20%)            | 2 (4%) | 17 (31%)               |
| <b>Links</b>                   | 2 (4%) | 0     | 24 (43%) | 7 (13%)             | 2 (4%) | 20 (36%)               |
| <b>Zusammen</b>                | 2 (2%) | 0     | 49 (44%) | 18 (16%)            | 4 (4%) | 37 (34%)               |

Legende:

- z. E. = nur zentrilobuläres Emphysem
- p. E. = nur panlobuläres Emphysem
- b. E. = nur bullöses Emphysem
- g. E. = gemischtes Emphysem mit Bullae
- Wab.= Wabenlunge bei Histiocytose

Tabelle46: Analyse des zentri-/ panlobulären Emphysems nach Lage

|                     | nur OL | nur ML | nur UL | mehrere<br>Lokalisationen,<br>aber immer<br>auch OL |
|---------------------|--------|--------|--------|---|
| <b>Rechts</b> n= 11 | 7      | 0      | 1      | 3   |
| <b>Links</b> n= 9   | 5      | 0      | 1      | 3   |

Tabelle 47: Analyse der symptomatischen Seite

| <b>Rechts</b><br>n= 32 | z. E. | p. E. | b. E. | g. E. mit<br>Bullae | Wab. | keine<br>Veränderungen |
|------------------------|-------|-------|-------|---------------------|------|------------------------|
|                        | 0     | 0     | 13    | 8                   | 1    | 10                     |

|                       |       |       |       |                     |      |                        |
|-----------------------|-------|-------|-------|---------------------|------|------------------------|
| <b>Links</b><br>n= 23 | z. E. | p. E. | b. E. | g. E. mit<br>Bullae | Wab. | keine<br>Veränderungen |
|                       | 0     | 0     | 13    | 1                   | 1    | 8                      |

Tabelle 48: Analyse der symptomatischen Seite (Lokalisation des Emphysems)

|                    |        |        |        |   |
|--------------------|--------|--------|--------|---|
|                    | nur OL | nur ML | nur UL | mehrere<br>Lokalisationen,<br>aber immer<br>auch OL |
| <b>Rechts</b> n= 8 | 4      | 0      | 1      | 3   |
| <b>Links</b> n= 1  | 1      | 0      | 0      | 0   |

Tabelle 49: Analyse der operierten Patienten ( 33 )

|                         |                       |                    |                                    |                                   |
|-------------------------|-----------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Rechts</b><br>n = 20 | zentrilobuläres<br>E. | panlobuläres<br>E. | gemischte Form<br>zentr./ panl. E. | Wabenlunge<br>bei<br>Histiocytose |
|                         | 2                     | 1                  | 0                                  | 1                                 |

|                        |                       |                    |                                    |                                   |
|------------------------|-----------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Links</b><br>n = 13 | zentrilobuläres<br>E. | panlobuläres<br>E. | gemischte Form<br>zentr./ panl. E. | Wabenlunge<br>bei<br>Histiocytose |
|                        | 0                     | 1                  | 1                                  | 1                                 |

#### 4.3. Beispielabbildungen zu den Ergebnissen

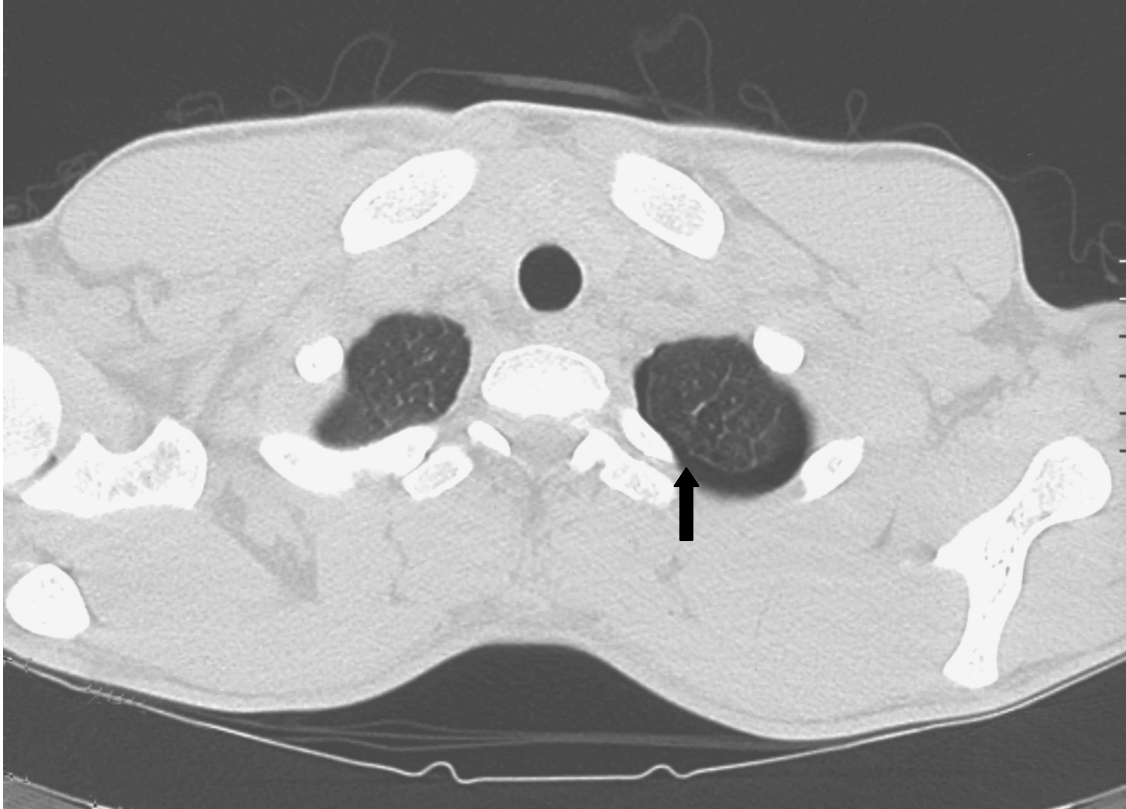


Abbildung 2: 19jähriger Patient, HRCT 2/8mm, Erstereignis eines Spontanpneumothorax links. Links apikal subpleural einzelne Bullae kleiner als 1 cm ( Pfeil ). Schmäler Restpneumothorax links.

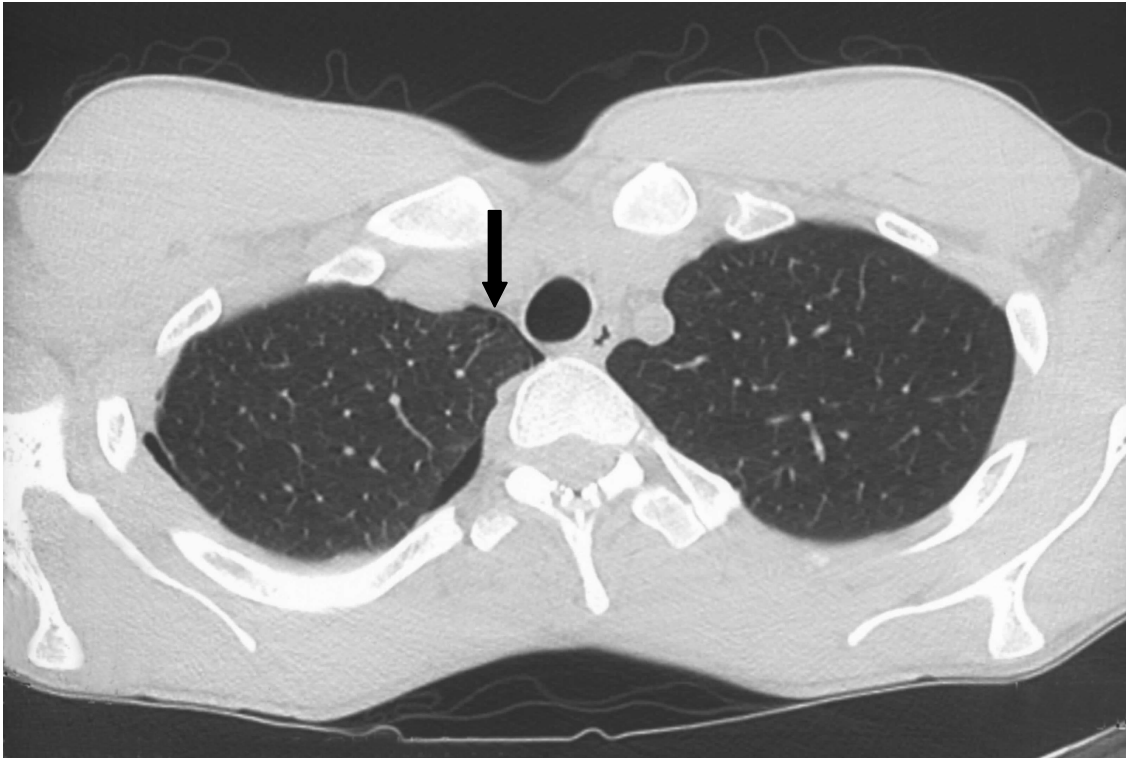


Abbildung 3: 27jähriger Patient, HRCT 2/10 mm, Rezidivpneumothorax. Im rechten Oberlappen ventral subpleural sichtbare unter 1 cm große Bulla ( Pfeil). Winziger Restpneumothorax rechts.

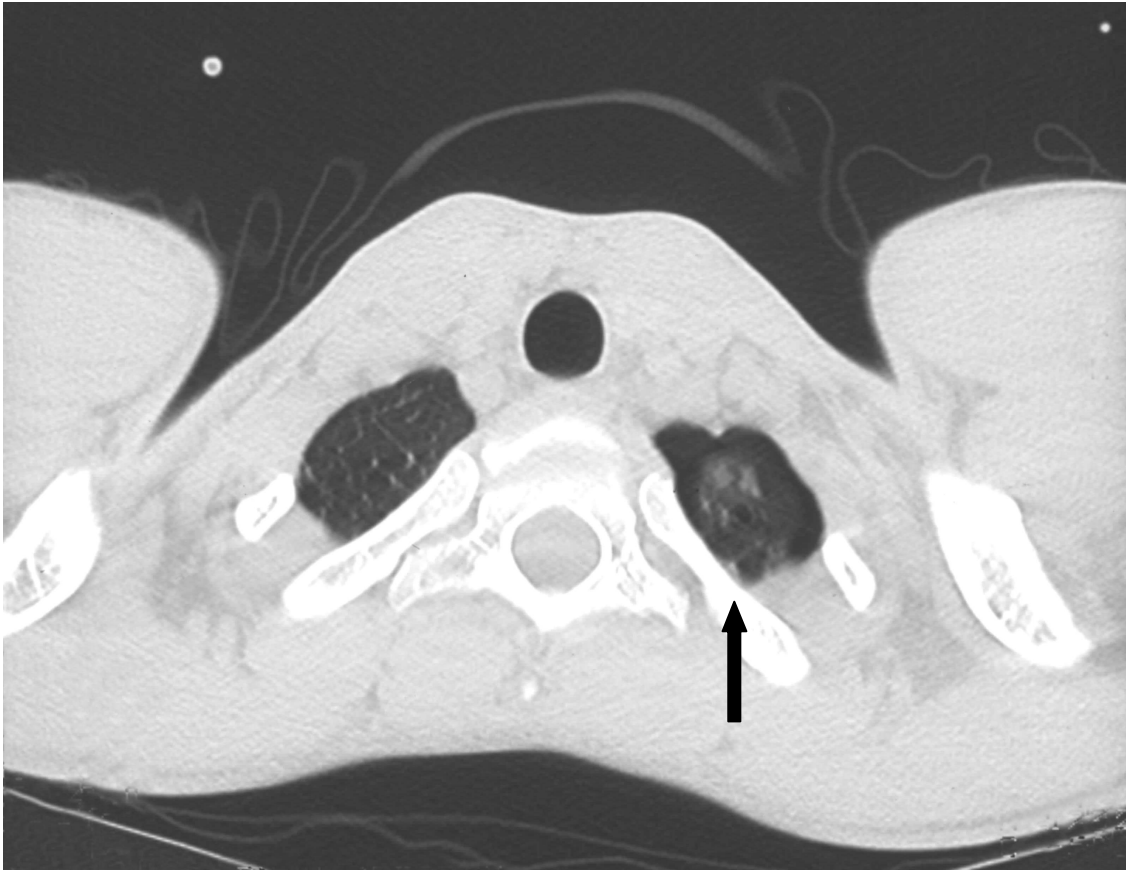


Abbildung 4: 20jähriger Patient, HRCT 2/8 mm; Erstereignis eines Spontanpneumothorax links. In der linken Lungenspitze subpleural ca. 1 cm große Bulla ( Pfeil ), Restpneumothorax links.

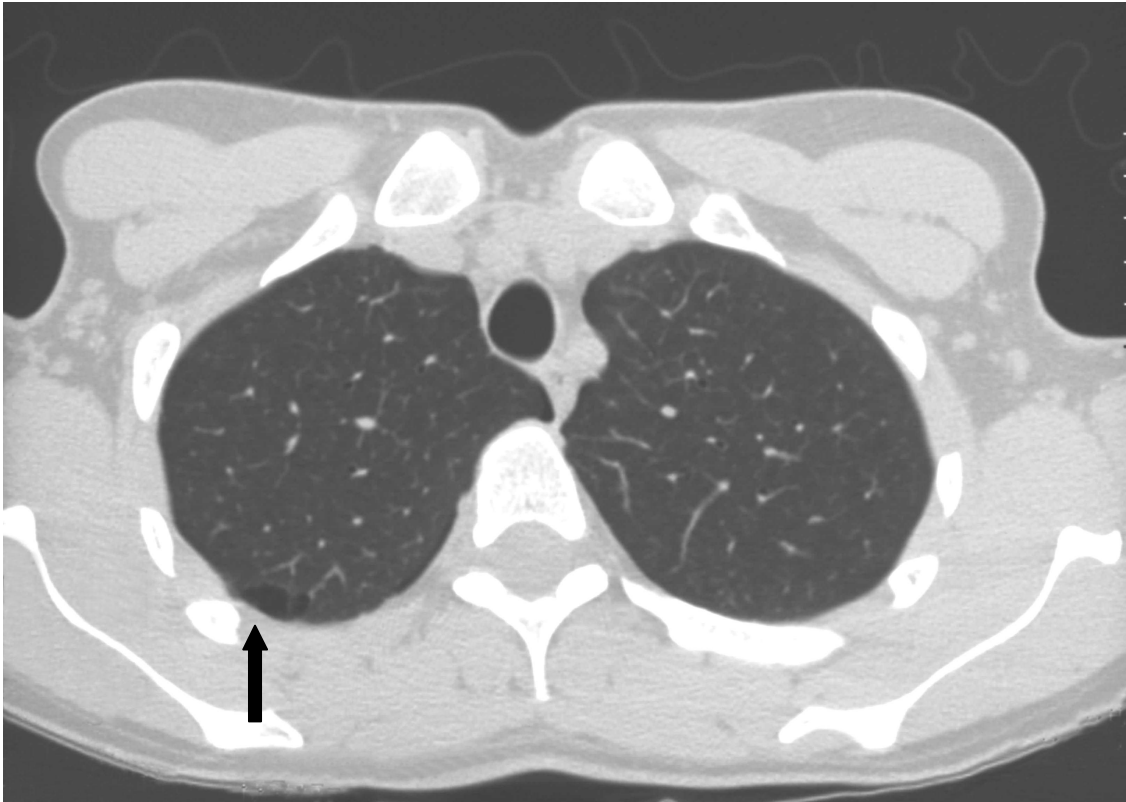


Abbildung 5: 28jährige Patientin, HRCT 2/10 mm. Spontanpneumothorax rechts. Im rechten Oberlappen dorsal subpleural eine ca. 1,5 x 1,0 cm große Bulla ( Pfeil )



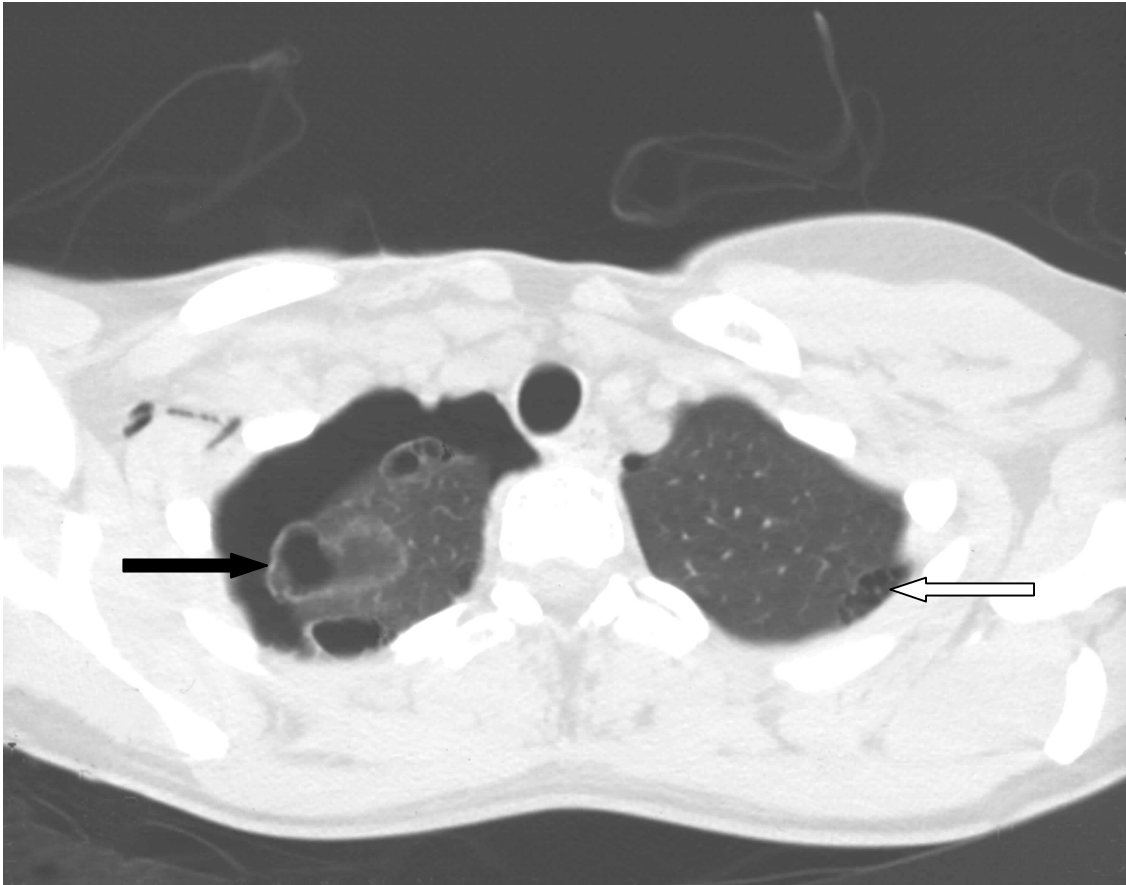


Abbildung 6: 29jährige Patientin, HRCT 2/10mm, Erstereignis eines Spontanpneumothorax rechts. Deutlicher Restpneumothorax rechts ca. 2 cm breit. In der rechten Lungenspitze multiple bis zu 2 x 3 cm große Bullae (schwarzer Pfeil). Im linken Oberlappen subpleural mehrere Bulla bis 0,5 cm groß (weißer Pfeil).

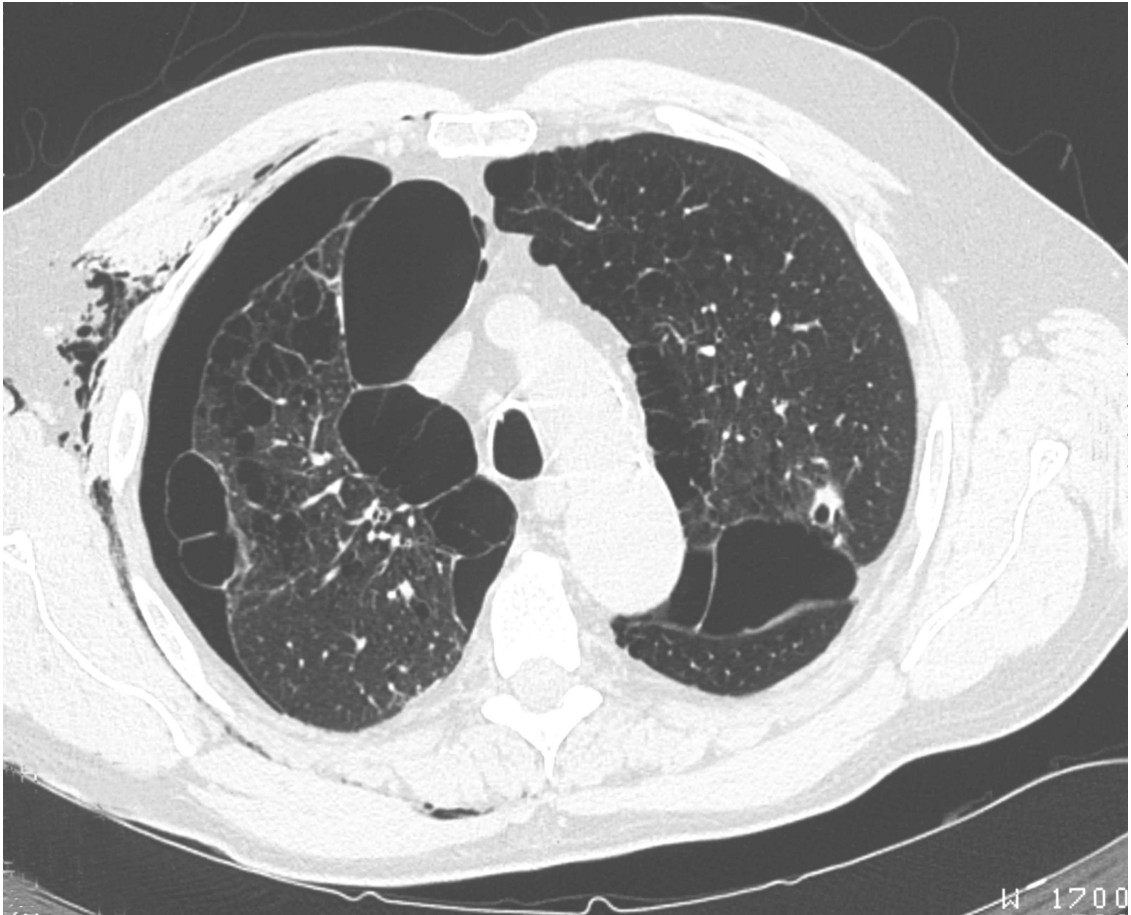


Abbildung 7: 69jähriger Patient, HRCT 2/10 mm. Erstereignis eines Spontanpneumothorax rechts. Deutlicher Restpneumothorax rechts ca. 1,5 cm breit. In beiden Oberlappen multiple bis 5 cm große Bulla.

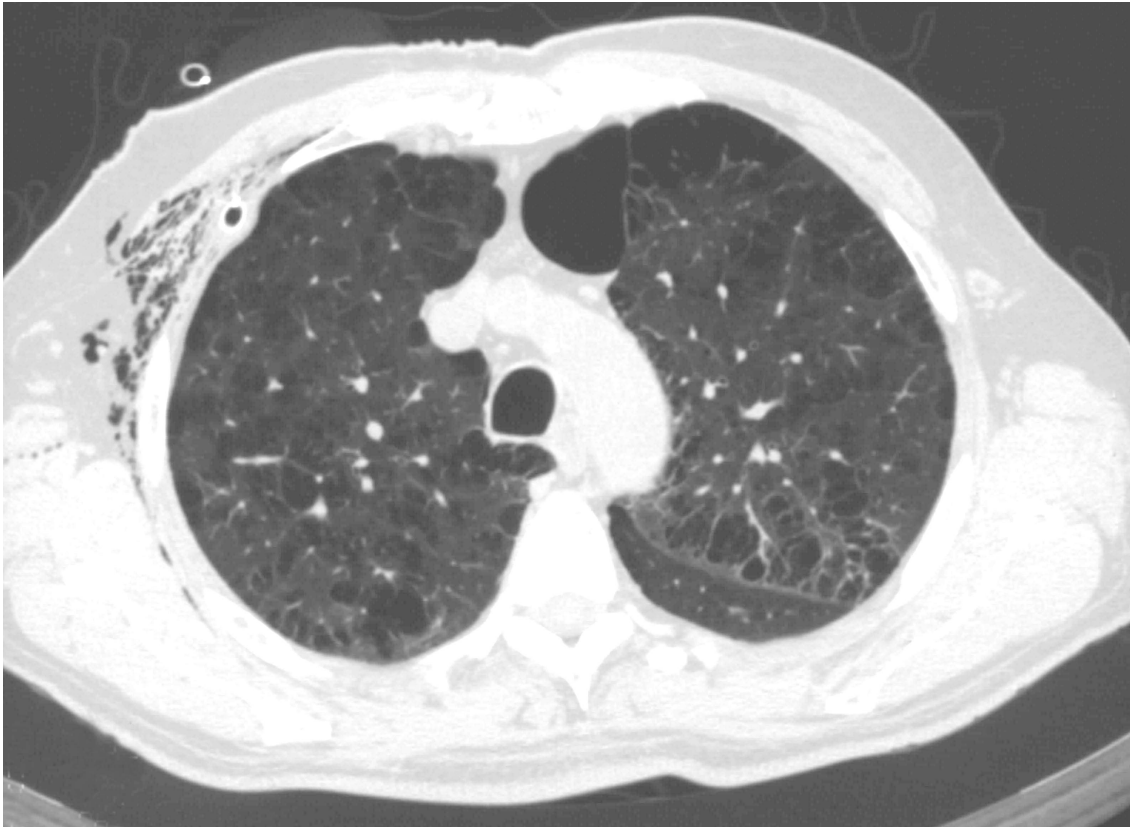


Abbildung 8: 60jähriger Patient, HRCT 2/8 mm. Erstereignis eines Spontanpneumothorax rechts. Multiple subpleurale Bullae beidseits bis 3 cm groß sowie zentrilobuläres Emphysem.



Abbildung 9: 32jährige Patientin, HRCT 2/8 mm Spontanpneumothorax li, Erstereignis. Panlobuläres Emphysem Segment 3 ventrolateral ( weißer Pfeil ). Subpleurale Bullae 0,5 bis 1 cm groß ( schwarzer Pfeil )

## **5. Diskussion**

### **5.1. Diskussion des Materials und der Methodik**

#### **5.1.1. Patientengut**

Bei der Auswahl der Patienten in dieser Arbeit erfolgte keine Selektion anhand des Artes des Pneumothorax ( Erstereignis / Rezidiv ) oder des Zeitintervalls zwischen CT-Untersuchung und der Operation.

Es wurden jedoch nur Patienten eingeschlossen, die mit der klinischen Diagnose primärer ( idiopathischer ) Spontanpneumothorax aufgenommen wurden. Dabei muss man erwähnen, dass in wenigen Fällen der Patienten mit Rezidivpneumothorax, bei denen das Rezidiv schon einige Monate nach dem Erstereignis auftrat, computertomographisch erkennbare Ursachen des Pneumothorax bei der Erstuntersuchung nachgewiesen worden waren in Form von bullösen Läsionen. Es handelte sich also nicht mehr um einen „reinen“ idiopathischen Spontanpneumothorax, sondern um einen sekundären (symptomatischen) Spontanpneumothorax, da definitionsgemäß hier eine nachweisbare morphologische Ursache vorlag.

Ähnliches Patientenkollektiv wurde in der Studie von Warner et al. ausgewählt, in dem sowohl Patienten mit Rezidivpneumothorax als auch mit Erstereignis charakterisiert wurden.

Mitlehner et al. untersuchten dagegen nur Patienten ohne Lungenvorerkrankungen und ohne Pneumothorax in der Vorgeschichte. Einerseits erscheint solche Selektion sinnvoll, da es sich um „reine“ noch nicht vordiagnostizierte Spontanpneumothoraxfälle handelt, andererseits auch bei vielen Rezidivpneumothoraces konnte bisher keine kausale Ätiologie mit den üblichen diagnostischen Verfahren gefunden werden.

Die Patienten in der vorliegenden Studie stellen daher einen repräsentativen Querschnitt durch das Patientengut mit Spontanpneumothorax einer großen chirurgischen Klinik dar.

### 5.1.2. Methodik – Durchführung und Auswertung der CT-Untersuchungen

In dieser Arbeit mußte im Hinblick auf Untersuchungstechnik ein inhomogenes Patientengut ausgewertet werden, welches sowohl Fälle mit konventioneller Spiral-CT mit einer Schichtdicke von 8 oder 10 mm ( z.T. mit repräsentativen HRCT Schichten ) als auch Fälle mit HRCT der gesamten Lunge mit einer Schichtdicke von 2 mm einschließt. Ein besonderes Augenmerk wurde dabei auf die HRCT-Untersuchungen und vor allem auf die operierte Patienten gerichtet.

Yasufuku et al. untersuchten dagegen ausschließlich operierte Patienten und das Untersuchungsprotokoll umfasste in allen Fällen Abtastung der gesamten Lunge mit einer Schichtdicke von 10 mm und einem Tischvorschub von 10 mm sowie zusätzlich des Bereiches von apikal bis unmittelbar unterhalb der Trachealbifurkation mit einer Schichtdicke von 3 mm. Die erhobenen Befunde in HRCT verglichen sie mit den intraoperativen Befunden und den im Standard-CT festgestellten Veränderungen. Da es sich hier um eine sehr homogene Patientengruppe und eine Korrelation mit introperativen Ergebnissen handelt erreichten die Autoren eine sehr hohe diagnostische Treffsicherheit bezüglich der Lokalisation und der Existenz der Bullae.

In der Literatur wird meist von CT-Untersuchungen mit einer Schichtdicke von 5 mm (3, 43), 10 mm oder ohne Angaben (76, 37) von Kollimation berichtet, wobei man hier davon ausgehen kann, dass die gewählte Schichtdicke mindestens 8 mm betrug. Lediglich in der Arbeit von Sihoe et al. kamen hochauflösendes Spiral-CT mit einer Schichtdicke von 1 mm und einem Tischvorschub von 10 mm zum Einsatz.

Viele Autoren stellten die in CT erhobenen Befunde den intraoperativen Ergebnissen ( 66, 78, 37) oder der konventionellen Röntgenaufnahmen (50, 37) gegenüber. Eine Korrelation der CT-Untersuchungen bei Patienten mit idiopathischem Spontanpneumothorax mit computertomographischen Befunden bei gesunden Freiwilligen ( Probanten ) findet sich in der Studie von Lesur et al. Die in der vorliegenden Arbeit durchgeführte Gegenüberstellung der HRCT-Befunde und der histologischen Befunde erschien sinnvoll, da es bekannt ist,

daß sich zum Beispiel kleinste subpleural gelegene Bullae dem thorakoskopischen Nachweis entziehen können.

Schon Mitlehner et al. haben festgestellt, daß ein direkter Vergleich zwischen Thorakoskopie und CT nicht möglich ist, weil diese Methoden verschiedene Strukturen evaluieren.

Die Nachteile der Thorakoskopie sind: inkomplette Inspektion der ganzen Lungenoberfläche, Unfähigkeit zur Visualisierung des subpleuralen Lungengewebes und Subjektivität, welche von Erfahrung des Operateurs abhängt.

Im Rahmen dieser Studie wurde die CT-Untersuchung in den meisten Fällen 2-7 Tage nach Anlage einer Thorax-Saug-Drainage und nach Entfaltung der Lunge mit liegender Drainage durchgeführt. Obwohl die Beurteilbarkeit gut bis sehr gut war, fand sich bei fast allen Patienten ein überwiegend apikaler Restpneumothorax von mindestens 0,5 cm. Dies konnte möglicherweise in Zusammenhang mit Partialvolumeneffekt zur Fehlinterpretation führen. Warner, Bailey et al. führten die CT-Untersuchung 48 Stunden nach Anlage der Drainage durch.

In der Literatur wird auf den etwaigen limitierenden Einfluß des Restpneumothorax und somit inkomplette Entfaltung der Lunge nicht eingegangen. Lediglich Mitlehner et al. berichtet von einem Patienten (1/35), der einen kleinen Restpneumothorax aufwies.

Bei der Auswahl der Patienten in dieser Studie erfolgte keine Selektion anhand des Zeitintervalls zwischen CT-Untersuchung und der Operation. Der Abstand zur Operation betrug minimal 1 Tag und maximal 3 Jahre, in den meisten Fällen (22/33) waren das einige Tage (1-22 Tage). In den übrigen Fällen (11/33) war das Zeitintervall einige Monate oder sogar einige Jahre, weil diese Patienten erst beim Auftreten eines Rezidivpneumothorax, wie von vielen Autoren postuliert (39; 67, 18, 50, 23, 3, 32, 33) operiert wurden, ohne vorherige unmittelbare CT-Untersuchung.

In der Arbeit von Kim et al. wurden die Patienten, bei denen in der präoperativen CT-Untersuchung signifikante Blasen (größer als 5 mm) gefunden wurden, der operativen Therapie innerhalb 48 Stunden zugeführt. Auch andere Autoren (78) setzten bei ihrem Patientengut einen höchsten Abstand zur Operation von 2 Wochen voraus.

Die Auswertung und Korrelation der CT –Befunde mit den intraoperativen und den histologischen Befunden bei den Patienten, die zum Beispiel 1 oder 3 Jahre vor der Operation untersucht wurden, kann zu falsch negativer Interpretation führen, wenn sich eventuell in der Zwischenzeit neue vorher nicht erkennbare Läsionen ausbildeten.

Andererseits erscheint das Einschließen der Patienten in die Studie, die einige Monate (durchschnittlich 3 - 4 Monate) vor der Operation im CT untersucht wurden, annehmbar, weil hier wiederum eher nicht zu erwarten ist, daß in so kurzer Zeit Änderungen des CT-morphologischen Befundes auftreten können.

### 5.1.3. Auswertungskriterien

In der Auswertung der CT- Bilder wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- das Vorhandensein der Bullae
- Größe der Bullae, Anzahl und Lokalisation der Bullae.

Nach ähnlichen Punkten analysierten Yasufuku et al. ihre Patienten, wobei sie 2 Typen von bullösen Veränderungen bezüglich der Bullawand unterschieden. Sie beobachteten Bullae mit konvexen Wänden als ein solitärer oder fusionierter (multiple) Typ oder emphysematöse Bullae mit gut erhaltener Pleura, wo die Veränderungen schlecht von dem umgebenden Lungengewebe differenzierbar waren.

Bölskei et al., die sich in ihrer Arbeit hauptsächlich mit Pleurographie beschäftigten, haben in der Auswertung der CT-Aufnahmen lediglich die Existenz der subpleuralen Blasen dokumentiert.



In einigen Arbeiten (76, 37) wurden die Zahl und Größe der apikalen Blasen registriert, wobei Warner et al. noch zusätzlich einen „bleb score“ bestimmten, in dem man den Gruppen mit verschiedenen Blasengrößen einen numerischen Wert zuteilte und diesen mit der Zahl der Blasen der gleichen Größenkategorie multiplizierte.

Einige Autoren dokumentierten die Existenz der bullösen Läsionen sowie anderen Emphysemtypen und die Verteilung dieser in der Lunge vertikal (Oberlappen, Mittellappen, Unterlappen) sowie transversal (peripher, zentral, diffus) (43).

Eine viel detailliertere Analyse haben Mitlehner et al. unternommen, indem sie die Befunde nach Größe der Blasen, Zahl und Lokalisation in der Lunge, sowie das Vorhandensein der Blasen auf der ipsilateralen und kontralateralen Seite klassifizierten.

Das Ziel einer CT-Untersuchung bei Patienten mit Spontanpneumothorax ist der Nachweis oder Ausschluß und Lokalisation der bullösen Veränderungen, da als formale Pathogenese des idiopathischen Spontanpneumothorax der Luftaustritt aus pleuralen Läsionen in Zusammenhang mit einem emphysematösen subpleuralen Umbau des Lungengewebes gilt (5, 49, 6, 59, 4, 45). Nach Literaturangaben handelt es sich um Rupturen subpleuraler Emphysemläsionen, die überwiegend im Lungenspitzenbereich lokalisiert sind (70, 30, 6).

Die Basisdiagnostik des Pneumothorax mit Anamnese klinischer und radiologischer Untersuchung wird allgemein geübt. Die Diagnose des Pneumothorax wird gewöhnlich mittels Röntgenaufnahme gestellt (57, 25).

Um die richtige Differenzialtherapie anzugeben, sind jedoch weitergehende diagnostische Maßnahmen erforderlich. Es ist aus vielen Publikationen bekannt, daß die CT-Untersuchungen in Erkennbarkeit der bullösen Veränderungen der konventionellen Röntgendiagnostik deutlich überlegen ist (22, 69, 50, 24, 23, 37).

Die CT erlaubt in vivo die Analyse der Lunge bilateral und wird auch bei Patienten mit Emphysem angewendet (13, 20, 24, 8).

Aus chirurgischer Sicht ist es notwendig, die Existenz der Veränderungen auf der symptomatischen Seite mittels bildgebender Diagnostik zu überprüfen oder bestätigen, um ein weiteres therapeutisches Vorgehen und die Operabilität zu bestimmen.

Das Vorhandensein der Bullae ist oft entscheidend für die Änderung der konservativen Therapie in die operative Therapie.

Bei einigen Patienten in dieser Studie wurde die Indikation für einen chirurgischen Eingriff schon selbst aufgrund des klinischen Verlaufs bei über mehrere Tage persistierendem Luftleck (pleurale oder bronchopleurale Fistel) gestellt, obwohl im CT keine Bullae nachgewiesen wurden. Auch hier konnte man intraoperativ und histologisch bullöse Veränderungen in der Lungenspitze finden.

Selbst wenn keine Blasen intraoperativ erkennbar waren, wurde eine Lungenspitzenresektion vorgenommen, weil - wie aus der Publikationen bekannt – mikroskopisch immer Veränderungen erkannt wurden (31, 34).

Die Identifikation der Bullae im CT ist nicht nur wichtig für die Entscheidung operative oder konservativer Therapie, sondern auch für die Prävention der Rezidive und Prognosebeurteilung.

In der vorliegenden Arbeit wurde auch die Koinzidenz der Bullae (Größe, Anzahl, Lokalisation) auf der kontralateralen asymptomatischen Seite gezeigt . Es wurden in der Gruppe der Patienten mit HRCT bei 34 der 55 Fälle (62 %) bullöse Veränderungen auf der asymptomatischen Seite detektiert.

Ähnliche computertomographische Ergebnisse notierten Sihoe et al., die bei 15 der 28 Patienten Bullae kontralateral aufwiesen, sowie Mitlehner et al., die eine 66 % Inzidenz kontralateral fanden. Auch andere Publikationen erwähnen das Vorhandensein der bullösen Veränderungen auf der asymptomatischen Seite (37, 22, 43, 76).

Vorzugsweise scheint sich der Prozeß der Lungenspitzendegeneration mit Blasenentstehung beiderseits abzuspielen, denn bei Pneumothorax-Patienten werden in bis zu 90 % der Fälle auch auf der nicht betroffenen Seite blasige

Veränderungen entdeckt (2, 27). Dies wird allerdings in chirurgischen Arbeiten berichtet, die sich mit bilateraler operativer Therapie bei unilateralem Spontanpneumothorax beschäftigten.

## 5.2. Diskussion der Ergebnisse

### 5.2.1. Patientendaten

Im Rahmen des idiopathischen Spontanpneumothorax läßt sich eine große Patientengruppe abgrenzen, die folgende Gemeinsamkeiten besitzt:

- Erkrankungsgipfel 20 - 30 Lebensjahr
- Geschlechtsquotient 4:1 zugunsten männlicher Person
- Große hochgewachsene schlanke Patienten  
(17, 19, 39, 18, 28, 25, 59, 44, 62, 9, 53).

Viele Autoren stellen die Hypothese auf, daß die große Lunge bei großen hochgewachsenen schlanken Patienten eine Rolle in der Entstehung der Bullae spielt, wobei der pulmonale Dehnungsdruck zunimmt (73). Der größere Pleuradruckgradient zwischen basalen und apikalen Lungenabschnitten bei diesem Körperbau führt zu höheren alveolären Dehnungsdrücken in apikalen Anteilen, die so die Ausbildung von Emphyseblasen begünstigt (46,25).

Peters et al. und Kawakami et al. haben beobachtet, daß die Lungenhöhe in der Spontanpneumothorax-Gruppe größer als in der Kontrollgruppe war.

Die Mehrheit der Fälle in dieser Arbeit findet sich in der Altersgruppe der 20-29 Jährigen, mit dem prozentualen Anteil von 37% (Gruppe I), beziehungsweise von 44 % (Gruppe II).

Auch die Geschlechtsverteilung weichte von den Angaben in der Literatur nicht wesentlich ab und errechnete es sich mit einem Quotient von 4:1 zugunsten des männlichen Geschlechts.

Ähnlich wie in der Publikation von Fackeldey et al. lag der errechnete BMI bei überwiegender Zahl der Patienten unter 20 beziehungsweise zwischen 20 und 25.

Man sieht eine enge Korrelation zwischen Zigarettenkonsum und Vorkommen des Spontanpneumothorax (7, 6, 39, 50, 43, 46), so daß sogar bis zu 90 % der Spontanpneumothorax-Patienten als Raucher angegeben wurden (25).

Manche nehmen an, das Pneumothoraxrisiko steigt mit der Anzahl der gerauchten Zigaretten und basiert wahrscheinlich auf der Erkrankung der kleinen Atemwege, die die Ausbildung subpleuraler Emphysebläschen begünstigt (25).

Es gibt aber auch Autoren (19), die nicht bestätigen können, daß Rauchen verantwortlich für die Entstehung der blasigen Läsionen gemacht wird. Sie zeigten, daß die Rate der radiologisch faßbaren Veränderungen bei Nichtrauchern ebenso hoch war wie bei aktiven Rauchern (bei 12 der 19 Raucher und bei 10 der 12 Nichtraucher).

In der hier vorgelegten Studie wurde dennoch demonstriert, daß die Gruppe der Raucher überwiegt (39 von 70, wobei bei 15 Patienten keine Angaben waren); es wurde jedoch nicht untersucht, wie oft die pathologischen Veränderungen bei Rauchern und Nichtrauchern zu finden sind.

Bei der Auswertung der Seitenlokalisation fällt das häufigere Auftreten des Pneumothorax auf der rechten Seite mit bis zu 60 % der Fälle auf. Über fast gleiche Verteilung berichten auch andere Autoren (18, 19, 50).

### 5.2.2. Ergebnisse der Bildanalyse

Im Jahr 1996 hat das Nomenklaturkomitee der Fleischner Society unter Leitung von Austin ein überarbeitetes Glossar über Definitionen von Lungenveränderungen nach CT-Befunden veröffentlicht. Demnach wird als „bleb“ (Blase) ein Luft enthaltender Hohlraum innerhalb der visceralen Pleura bezeichnet (1).

Gelegentlich wird dieser Begriff auch für fokale dünnwandige Aufhellungen des Lungengewebes in unmittelbarer Nachbarschaft zur Pleura insbesondere im Lungenspitzenbereich, verwendet. Als „Bulla“ wird eine scharf demarkierte Region eines Emphysems von mindestens 1 cm oder mehr im Durchmesser und einer Wanddicke von weniger als 1 mm bezeichnet. Die Bulla tritt in der Regel multiple auf oder ist von Anzeichen eines pulmonalen Emphysems umgeben.

Als „Emphysem“ werden irreversible Erweiterungen der alveolentragenden Lufträume (52) bezeichnet.

Nach der Einteilung von Müller (52) werden folgende Emphysemformen unterschieden:

- vesikuläres Emphysem – mit Bläschen einer Größe bis zu 5 mm entsprechend Größe eines Azinus
- kleinblasiges (vesikales) Emphysem – Blasen von 5-20 mm Durchmesser entsprechend der Größe eines Lobulus
- großblasiges Emphysem – Blasen 20-100 mm entstanden aus einer Konfluenz mehrerer emphysematös umgewandelter Lobuli.

Die Lungenspitzenveränderungen beim idiopathischen Spontanpneumothorax sind somit in der Regel Umbauprozesse bis zu einem vesikulären oder kleinblasigen Emphysem.

Viele andere Autoren unterscheiden lediglich Blasen und Bullae, wobei die Bulla einen scharf begrenzten, im Querschnitt runden, luftgefüllten Hohlraum mit dünner Wand innerhalb der Lunge mit einem Durchmesser von über 1 cm im entfalteten Zustand darstellt. (48, 47, 10, 51, 66, 43).

Die Bullawand besteht aus Pleura oder Bindegewebe und ist nicht wie bei Zysten mit Bronchialepithel ausgekleidet (51).

Sie können bis zu faustgroß sein, singulär oder multipel, häufig gruppenförmig auftretend und dementsprechend wabiges oder polygonales Strukturmuster bieten (10).

Es ist jedoch noch nicht geklärt, ob eine begriffliche Unterscheidung zwischen Bulla, Blase und Zyste diagnostisch sinnvoll ist (21).

Gegenüber der pathomorphologischen und bildgebenden radiologischen Nomenklatur wird in den chirurgischen Publikationen, die sich mit thorakoskopischen Befunden bei Patienten mit Spontanpneumothorax befassen, über Lufträume mit einem Durchmesser von weniger oder mehr als 2 cm berichtet (39, 68, 71, 63, 72).

Dort werden die lokalisierten Lufträume als Bulla genannt, wenn sie einen Durchmesser von mehr als 2 cm aufweisen.

Auch Mitlehner et al. bezeichnet eine lufthaltige Läsion erst als Bulla, wenn sie mehr als 2 cm groß ist.

Warner et al. verwendeten dagegen in seiner Veröffentlichung von 1991 nur den Begriff „Blase“ (bleb) und klassifizierten die Läsionen anhand der Größe in folgende Gruppen: Blasen 0 – 5 mm, 6 – 10 mm, 11 – 20 mm, 21 – 30 mm und über 30 mm groß.

Die lichtmikroskopischen Untersuchungen von Becker et al. (4 ) zeigen in allen Resektaten aus dem Lungenspitzenbereich der Spontanpneumothorax – Patienten pseudocystisch umgewandelte Hohlräume mit einem Durchmesser bis 5 mm (die entweder subpleural oder intrapleural liegen).

In der vorgelegten Arbeit wurden jegliche blasige Veränderungen der Einfachheit halber Bulla genannt und entsprechend der Größe in 3 Kategorien eingeteilt: weniger als 1 cm, 1 – 2 cm und über 2 cm groß.

Wir haben beobachtet, daß in der Gruppe der operierten Patienten mit HRCT auf der symptomatischen Seite in 80% bullöse Veränderungen entdeckt wurden, die überwiegend eine Größe von 1 - 2 cm aufwiesen (36%), gefolgt von der Kategorie < 1 cm (28 %).

Diese treten multipel auf, in 40 % bis zu 5 Bullae pro Seite und in 36 % mehr als 5 Bullae. Sie sind überwiegend im Oberlappen subpleural lokalisiert, wobei in insgesamt 8 Fällen von 20 die Veränderungen auch in anderen Lungenlappen zu finden waren, aber immer mit Beteiligung des Oberlappens.

Ebenfalls in 80% der operierten Fälle ( 20/25 ) wurden thorakoskopisch Bullae aufgedeckt, wobei in 1 Fall der intraoperative positive Befund in der histologischen Untersuchung nicht bestätigt wurde. Letztendlich hat die Histologie die 19 computertomographisch positiv gestellten Diagnosen bekräftigt, dabei waren aber 3 Fälle, die in der Thorakoskopie negativ ausfielen. In 2 dieser Fälle wurden intraoperativ zwar keine Bullae gesehen, es zeigten sich aber bei Blähen der Lunge kleine Luftlecks. Diese bronchopleuralen Fisteln entziehen sich dem computertomographischen Nachweis (11).

Zusammenfassend stimmten die in der HRCT als positiv erhobenen Befunde mit einer Sensitivität von 86% mit den histologischen Ergebnissen überein und die Genauigkeit der HRCT lag bei 84%. Die Spezifität erreichte nur 66,6% ( 2/3 ) und der negativer Vorhersagewert (NPV) betrug nur 40% (2/5). Die ermittelte Werte für Spezifität und NPV können nicht sehr zuverlässig sein, da die Zahlen sehr gering sind. Die Spezifität ist also aufgrund der geringen Fallzahl nicht aussagefähig. Das ist dadurch bedingt, dass wenig Patienten mit negativem CT-Befund operiert wurden ( 5 Patienten ).

Die Ergebnisse dieser Studie ergeben eine Detektionsrate der bullösen Veränderungen im CT, die vergleichbar ist mit der Detektionsrate anderer Arbeiten (66, 37, 11, 50).

Sihoe et al. deckten im präoperativen CT in 78,6 % (22/28) blasige Läsionen auf der symptomatischen Seite auf. Bei der Hälfte der im CT negativen Patienten wurden thorakoskopisch Bullae gesehen, so daß sich die Sensitivität der CT-Methode in Korrelation mit der Thorakoskopie auf 88% erhöhte.

In der Arbeit von Bölcskei et al. wurden computertomographische und thorakoskopische Befunde mit Ergebnissen einer Pleurographie verglichen.

Die Pleurographie entwickelten die Autoren, um Veränderungen der Pleura und des Pleuraraumes darzustellen. Über einen Pleurakatheter applizierten sie 20 - 40 ml Kontrastmittel (Ultravist 300) in den Pleuraraum. Durch entsprechende Lagerung des Patienten erreichte man eine gleichmäßige Verteilung des Kontrastmittels über die Pleura visceralis. Es wurde nach entweichenden

Luftbläschen aus dem Pleuraleck, nach subpleuralen Blasen und interpleuralen Verwachsungen gesucht.

Der Vergleich der drei Methoden ließ erkennen, daß subpleurale Blasen mit einer Häufigkeit von 76 % mit dem CT, von 68 % mit der Thorakoskopie und von lediglich 42% mit der Pleurographie darzustellen sind. Hingegen bronchopulmonale Fisteln lassen sich am häufigsten mittels Pleurographie erkennen (57 %).

Eine diagnostische Genauigkeit der CT im Vergleich zu Operation von 91,8 % erreichten Yasufuku et al., die in insgesamt 98 % der Fälle verschiedene blasige Veränderungen fanden. Sie wiesen jedoch daraufhin, daß es schwierig ist, im CT die exakte Zahl der Bullae zu bestimmen.

Die thorakoskopischen Studien (71, 63, 68, 39, 32) präsentierten makroskopisch in 66 bis 96 % pathologische Befunde (Blasen, Bullae, fibrotische Veränderungen).

In der Arbeit von Kim et al. fand sich eine 100%-ige Übereinstimmung zwischen HRCT und intraoperativen Befunden, da hier nur Patienten mit computertomographisch nachgewiesenen signifikanten Blasen (Durchmesser > 5 mm) operiert wurden.

Die Aussagekraft der Thorakotomie versus Thorakoskopie wird von vielen Autoren hervorgehoben (18). So fanden zum Beispiel in einer Arbeit von Radomsky et al. die Autoren bei allen thorakotomierten Patienten erbsengroße bis mannsfaustgroße Bulla.

Mehrere Autoren betonen, daß es notwendig ist, die Existenz der Veränderungen mittels bildgebender Diagnostik zu überprüfen oder zu bestätigen, um weiteres therapeutisches Vorgehen und Operabilität zu bestimmen (78, 11).

Das Vorhandensein der Bulla ist oft entscheidend für die Änderung der konservativen in die operative Therapie; es ist auch wichtig für die Rezidivprävention.



Mehrere Autoren nehmen an, daß der anatomische Status (Durchmesser der Bulla oder Blasen und Lokalisation) ein wichtiger Faktor für das Rezidiv des Pneumothorax ist (40, 74, 68).

Das Rezidivrisiko nach einmaliger Pneumothoraxepisode wird mit ca. 30 – 50 % geschätzt (12).

Nach dem ersten Rezidiv steigt das Rezidivrisiko auf 62 %, nach dem zweiten Rezidiv sogar auf 80 % (15). Die Gefahr weiterer Rezidive steigt mit jedem vorausgegangenen Spontanpneumothorax.

Die Therapie wird immer noch kontrovers in der Literatur diskutiert und erstreckt sich von einfacher Beobachtung bei kleinem Pneumothorax bis bilateraler Thorakotomie (2). Als Grund für diese kontroverse Behandlung ist unter anderem ein unvorhersehbarer Verlauf des Pneumothorax.

Die Ergebnisse mehrerer meistens retrospektiven Studien demonstrieren eine Rezidivrate bei alleiniger Drainagetherapie bis zu 25 % (65, 63, 64, 16).

Wenn nur eine Pleurodese ohne Entfernung der Blasen vorgenommen wird, ergibt sich eine Rezidivrate von bis zu 20 % (17, 26, 56).

Die niedrigste Rezidivrate aller Therapieverfahren wird mittels operativer Behandlung erreicht und liegt zwischen 0 – 8 % (30, 17, 18, 41, 71, 65, 63, 40, 16, 64).

Man sieht, daß die Wahl der Therapie einen entscheidenden Effekt auf die Rezidivrate hat.

Viele Autoren heben hervor, daß die Thorakoskopie in bestimmten Fällen indiziert ist: nach dem ersten Rezidiv (23), wenn blasige Veränderungen festgestellt wurden, bei gleichzeitigem beidseitigem Pneumothorax, bei persistierender Fistel länger als 7 Tage und optional bei Tauchern und Piloten (33).

Einige Autoren favorisieren hingegen ein frühzeitiges aggressives Vorgehen einschließlich Operation schon bei Erstereignis (42, 39).

Da die Operation die effektivste Therapie ist, wird seit ihrer Einführung die VATS (videoassistierte minimalinvasive thorakoskopische Operation) als elektive Methode der Wahl in der Therapie des Spontanpneumothorax sogar

bei Erstereignis diskutiert (29, 14, 75). Die Patienten klagen über weniger Schmerzen und daraus resultiert eine schnellere Genesung und ein reduzierter postoperativer Aufenthalt im Krankenhaus.

Die Entfernung des blasentragenden apikalen Lungenareals soll die Grundlage des Pneumothorax beseitigen und definitive Heilung herbeiführen (17).

In einigen Publikationen wird jedoch berichtet, daß in postoperativen Nachuntersuchungen mittels HRCT mindestens 16 Monate (19) und durchschnittlich 72 Monate (3) nach atypischer Teilresektion der Lungenspitze neu aufgetretene, blasige Umbauzonen in der Lungenspitze (meistens entlang der Metallklammern) nachzuweisen waren.

Dies würde bedeuten, daß die Entfernung der Blasen keine dauerhafte „Sanierung“ der Lunge herbeiführt und letztendlich die Ursache des Pneumothorax nicht dauerhaft eliminiert. Jedoch trotz der neu aufgetretenen Blasen verzeichnete Becker et al. nur 2 Pneumothorax-Rezidive und Fackeldey et al. sogar gar keine klinisch manifesten Rezidive.

### 5.3. Limitierende Faktoren der HRCT und Ausblicke ( MS-CT mit MPR )

Frühere computertomographische Untersuchungen der Lunge wurden bei Einzeilen-CT's mit einer Schichtdicke von 8-10 mm und einem Schichtabstand gleicher Größe durchgeführt. Für die Bildberechnung wird ein glättender Algorithmus (Standard) herangezogen. Da dabei die Lungenstruktur schlecht beurteilt werden kann, ist die hochauflösende CT in Dünnschichttechnik eingeführt worden. (54, 77).

Für die hochauflösende CT wird ein kantenbetonender Algorithmus verwendet. Hochauflösende Computertomographie ( high resolution CT – HRCT ) bedeutet also eine Kombination des kantenbetonenden Algorithmus mit der Dünnschichttechnik (1 – 2 mm).

Durch die Verringerung der Schichtdicke wird der Partialvolumeneffekt verringert (48), jedoch nicht ganz aufgehoben.

Die Strukturauflösung in der Peripherie und die Detaildarstellung ist in dünnen Schichten deutlich besser als in den dicken.

Die Beurteilungsmöglichkeiten sind jedoch in der dünnen 1 mm Schicht und bei hochauflösender Technik, zum Beispiel durch das verstärkte Rauschen, eingeschränkt. Zur Reduktion des Bildrauschens ist die Erhöhung des mAs-Wertes notwendig, daraus resultiert jedoch auch die Erhöhung der Strahlendosis.

Es wurde auch in der vorliegenden Arbeit beobachtet, daß der Partialvolumeneffekt und das Bildrauschen in der ganz apikalen Region zu einer unsicheren oder manchmal unmöglichen Erkennbarkeit der Details führte. Dies betraf Läsionen mit einem Durchmesser unter 1 cm.

Dazu kam ein wenn auch geringer, dennoch bei vielen Patienten vorhandener Restpneumothorax, vor allem in der Lungenspitze und bei liegender Drainage. Bei manchen Patienten war die Lungenspitze von einem ca. 0,5 cm breiten Pneumothorax umgeben. Es ist also davon auszugehen, daß die interessanteste apikale Region nicht vollständig ausgedehnt war und somit mögliche Blasen kollabiert waren.

Die Einführung der Mehrzeilen-Computertomographen hat natürlich auch Einfluß auf die Untersuchungsprotokolle in der Lungendiagnostik. Die Geräte ermöglichen eine sehr schnelle Abtastung der gesamten Lunge mit Schichtdicken unter 1 mm (zum Beispiel 0,5 oder 0,8 mm).

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit der multiplanaren Rekonstruktionen (MPR) in sagittaler und koronarer Ebene ( Abb. 11 und 12 ). In unserer Klinik haben wir viele gute Erfahrungen mit den MPR gemacht. Die Bilder zeigen eine hervorragende Detailauflösung, wenn gleich das Bildrauschen bei der Dünnschichttechnik hoch ist.

In der kritischen apikalen Region ist die Strukturerkennbarkeit in den koronaren Rekonstruktionen viel besser als in den transversalen Schichten, so daß der limitierende Einfluß des Partielvolumeneffektes reduziert werden kann. Zu erwähnen ist noch das Problem der Aufhärungsartefakte durch Rippen und

dadurch bedingte Hypodensitäten hinter Rippen (Abb.11). Aufgrund ihrer typischen Lage bereiten sie jedoch meist keine Unterscheidungsprobleme.

Die gesamte Lungenmorphologie mit ihren Lappengrenzen lässt sich sehr gut beurteilen.

Die Anwendung des hochauflösenden Algorithmus mit Dünnschichttechnik ( $< 1 \text{ mm}$ ) und der multiplanaren Rekonstruktionen erhöht deutlich die diagnostische Sicherheit.

Für die HRCT-Untersuchung mittels z.B. eines Vierzeilen-Computertomographen empfehlen wir folgende Aufnahmeparameter:

4 x 1 mm Schichtdicke, 5,5 Helikalpitch und 5 mm rekonstruierte Schichtdicke.

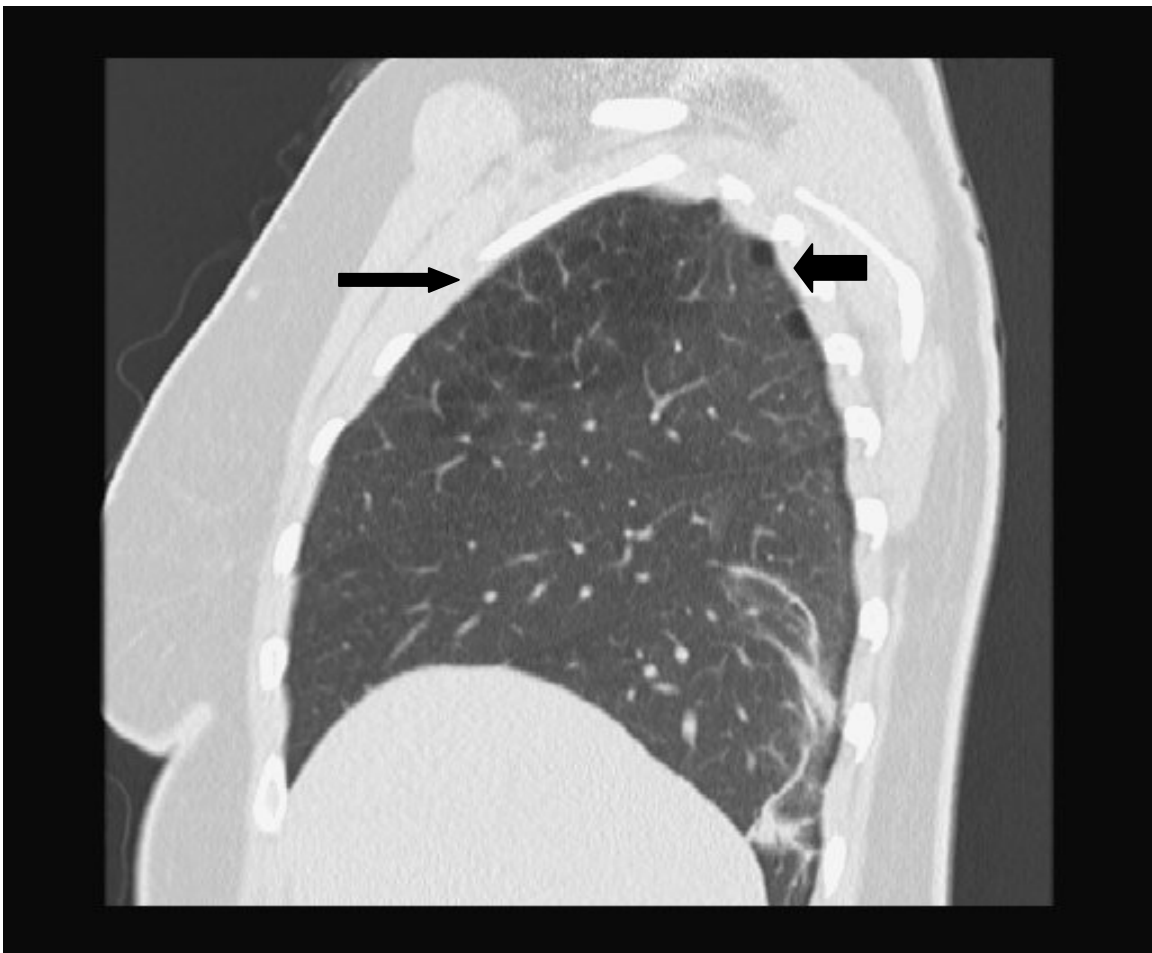


Abbildung 10: Multislice CT 4 x 1/5,5/5; sagittale MPR. Panlobuläres Emphysem im Segment 3 ( langer Pfeil ), subpleurale Bullae ( kurzer Pfeil ). Die Lungenanatomie mit Lappenspalt ist gut erkennbar. Im Unterlappen narbig-fibrotische Veränderungen.

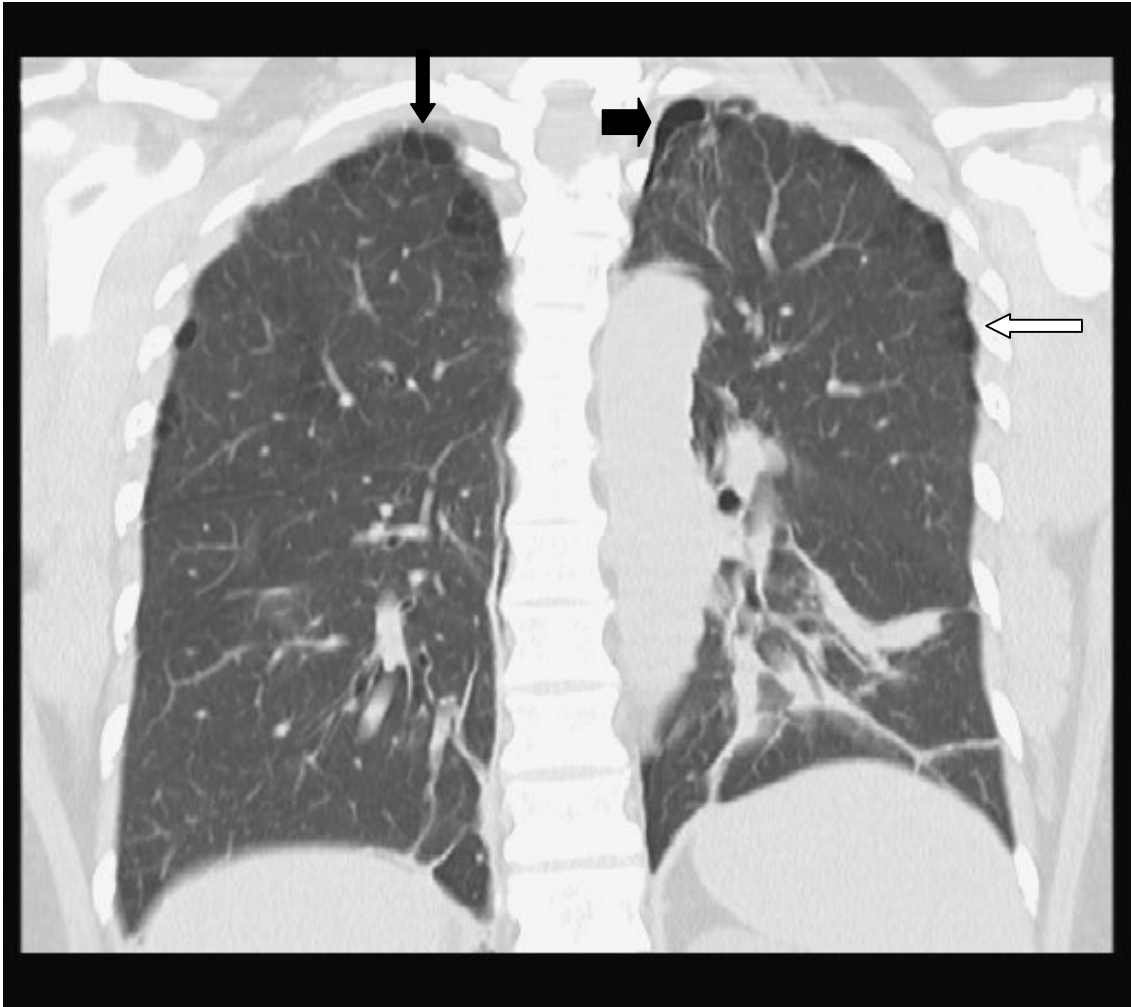


Abbildung 11: Multislice CT 4 x 1/5,5/5, koronare MPR. Restpneumothorax links apikal paramediastinal ( kurzer Pfeil ). Bullöse Veränderungen subpleural rechts apikal ( langer Pfeil ). Aufhärtungsartefakte hinter Rippen ( weißer Pfeil ).

#### 5.4. Schlußfolgerung

In der Diagnostik der Ursachen des Spontanpneumothorax zeigt die HRCT-Untersuchung eine Sensitivität von 86% und eine Treffsicherheit von 84%. Das Verfahren erscheint zum Nachweis bullöser Veränderungen gut geeignet ( PPV 95 % ).

Diese Methode bedeutet keine Belastung für den Patienten und birgt, abgesehen von der Strahlenexposition, keine Risiken in sich. Die einzige Vorbedingung ist die weitestgehende Ausdehnung der Lunge.

Die Grenzen dieser Methode liegen nahezu ausschließlich in den technisch- und bildbearbeitungsbedingten Voraussetzungen.

Der limitierende Einfluß des Partialvolumeneffektes und des Bildrauschens führte oft zu einer deutlich eingeschränkter Detailerkennbarkeit in der kritischen apikalen Region.

Mit der Einführung der Mehrzeilen-Computertomographen und der Möglichkeit der MPR-Rekonstruktionen sowie der Schichtdicke unter 1 mm kann die Technik noch verfeinert und die Treffsicherheit der Methodik weiter verbessert werden.

## **6. Zusammenfassung**

Die Basisdiagnostik des Pneumothorax beinhaltet Anamnese, klinisch-physikalische Untersuchung und radiologische Untersuchung mittels konventioneller Röntgenaufnahmen des Thorax. Um die richtige Differentialdiagnose anzugeben, sind jedoch weitergehende diagnostische Maßnahmen erforderlich. Das Hauptziel der Therapie des Pneumothorax sind die vollständige Expansion der Lunge und die Rezidivprophylaxe. Eine möglichst rasche Diagnose für die Wahl der Therapie ist von entscheidender Bedeutung.

Hierbei kommt der HRCT ein besonderer Stellenwert zu. Die bildgebende hochauflösende Diagnostik führt dazu, daß die Gruppe der sogenannten idiopathischen Pneumothoraces immer geringer wird, da durch die CT in einer größeren Zahl von Fällen Lungen- und Pleuraveränderungen gefunden werden.

Ziel der retrospektiven Arbeit war es, den Wert der HRCT in der Erkennbarkeit pathologischer Befunde bei sogenanntem idiopathischen Spontanpneumothorax in einem nicht selektionierten Krankengut operativ behandelter Patienten zu untersuchen.

Ausgewertet wurden insgesamt 70 CT - Untersuchungen des Thorax, wobei 55 davon als HRCT durchgeführt wurden. 25 der 55 Fälle wurden einer operativen Therapie unterzogen ( in 20 Fällen thorakoskopische Lungenspitzenresektion, in 4 Fällen primäre Thorakotomie, in 1 Fall Pleurektomie).

Bei der Analyse der CT-Bilder wurden folgende Kriterien berücksichtigt: das Vorhandensein der Bullae auf der symptomatischen und asymptomatischen Seite, Größe, Anzahl und Lokalisation der Bullae.

Um den Stellenwert der HRCT zu präsentieren, wurden die Ergebnisse der HRCT-Untersuchungen mit den intraoperativen und den histologischen Befunden verglichen. Für die Ermittlung der endgültigen Diagnose wurde als Goldstandard der histologische Befund herangezogen.

Bei den operierten Patienten, bei denen präoperativ HRCT durchgeführt wurde, fanden sich auf der symptomatischen Seite in 80% bullöse Veränderungen.

Die Mehrzahl der Läsionen lag hinsichtlich der Größe in der Kategorie der 1 – 2 cm großen Bulla (36%), gefolgt von den Veränderungen mit einem Durchmesser < 1 cm (28%). Es überwiegte das multiple Vorkommen mit bis zu 5 Bullae (40%), gefolgt von der Gruppe mit mehr als 5 Bullae (36%). Die Läsionen waren überwiegend in den Oberlappen und fast ausschließlich subpleural lokalisiert.

Die Korrelation der HRCT- Befunde und der histologischen Befunde ergab eine Sensitivität der computertomographischen Methode von 86% und eine Spezifität von 66,6%, wobei der Anteil histologisch negativer Befunde mit n = 3 sehr klein war. Die Genauigkeit der Methode betrug 84%.

Darüber hinaus wurden auch auf der asymptomatischen Seite bis zu 72 % bullöse Veränderungen nachgewiesen, deren Zuteilung zu den Auswertungsgruppen nach Größe und Zahl ähnlich war wie auf der symptomatischen Seite.

Die HRCT sollte als weiterführende diagnostische Methode bei Patienten mit sogenanntem idiopathischen Spontanpneumothorax dienen und in jedem Fall durchgeführt werden.

Durch sie können wesentliche Befunde gewonnen und wichtige therapeutische Entscheidungen getroffen werden, wodurch sich die Lebensqualität der Patienten steigern lässt.

Die CT kann auch einen vorhersagenden Wert in Management von Spontanpneumothorax haben.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der vorliegenden Studie und der Literatur stellt die HRCT damit die Methode der Wahl in der Diagnostik der Ursachen des Spontanpneumothorax dar.



## 7. Literaturverzeichnis

1. Austin JH, Müller NL, Friedman PJ, Hansell DM, Naidich DP, Remy- Jardin M, Webb WR (1996)  
Glossary of terms for CT of the lungs: recommendation of the nomenclature committee of the Fleischner Society.  
Radiology, 200: 327- 331
2. Baronofsky JF, Warden HG, Kaufman JL, Whatley J, Hanner JM (1957)  
Bilateral therapy for unilateral spontaneous pneumothorax  
J Thorac Cardiovasc Surg, 34: 310-322
3. Becker HP, Danz B, Schmalz HU, Radomsky J, Bähren W, Gerngross H (1997)  
Pneumothoraxrezidiv nach chirurgischer Resektionsbehandlung  
Chirurg 68: 255-258
4. Becker HP, Schmitz I ; Radomsky J, Müller K-M (1995)  
Ultrastrukturelle Befunde pleuraler Cysten beim Pneumothorax.  
Chirurg 66: 787-793
5. Becker HP, Weidringer JW, Willy C, Hartel W, Blumel G (1991)  
Licht- und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen der Pleura.  
Ein Beitrag zur formalen Genese des Spontanpneumothorax beim jungen Menschen.  
Langenbecks Arch Chir, 376: 295- 301
6. Bense L (1992)  
Spontaneous pneumothorax  
Chest 101:891-892
7. Bense L, Eklund G, Wiman LG (1987)  
Smoking and the increased risk of contracting spontaneous pneumothorax.  
Chest, 92: 1009-1012
8. Bergin C, Müller N, Nichols DM, Lillington G, Hogg JC, Mullen B, Grymolski MR, Osborne S, Pare´ DP (1986)  
The diagnosis of emphysema: A computed tomographic-pathologic correlation.  
Am Rev Respir Dis, 133: 541-546
9. Blaha H (1969)  
Pneumothorax, 675-754  
In: Strnad F, (Hrsg.): Röntgendiagnostik der oberen Speise- und Atemwege, der Atemorgane und des Mediastinums.  
Teil 1, Springer, Berlin, Heidelberg, New York

10. Bohlig H (1988)  
Emphysem und Asthma bronchiale, 304- 335  
In: Stender H-St ( Hrsg.): Schinz - Radiologische Diagnostik in Klinik und Praxis 7. Aufl., Band I, Teil 2, Thieme, Stuttgart, New York
11. Bölcskei PL, Haberstumpf H, Trapp VE, Wellhöfer G (1990)  
Anwendung und Nutzen der Pleurographie bei Patienten mit Spontanpneumothorax  
Pneumologie, 44: 186-187
12. Clark TA, Hutchison DE, Daever RM, Fitchett VH (1972)  
Spontaneous pneumothorax.  
AM J Surg, 124: 728-731
13. Coddington R, Mera SL, Goddard PR, Bradfield JWB (1982)  
Pathological evaluation of computed tomography images of lungs.  
J Clin Path, 35: 536-540
14. De Giacomo T, Rendina EA, Venuta F, Ciriaco P, Lena A, Rici C (1995)  
Video-assisted thoracoscopy in the management of recurrent spontaneous pneumothorax.  
Eur J Surg, 161: 227-230
15. De Vries WC, Wolfe WG (1980)  
The management of spontaneous pneumothorax and bullous emphysema.  
Surg Clin North Am 60: 851-856
16. Eckert M, Beck A (1981)  
Der Spontanpneumothorax und seine Behandlung.  
Fortschr Med, 99: 528-531
17. Elert O, Eigel P (1983)  
Die Behandlung des Spontanpneumothorax unter der Berücksichtigung der Rezidivhäufigkeit  
Prax Klein Pneumol 37:983-985
18. Einfeld RJ, Schöder D, Meinicke O (1991)  
Spontanpneumothorax - Überlegungen zur Ätiologie und Therapie  
Chirurg, 62: 540-546
19. Fackeldey V, Schöneich R, Otto A, Schmitt B, Franke A, Gatzka F, Becker HP (2002)  
Strukturanomalien im Lungenspitzenbereich nach Pneumothoraxoperation  
Chirurg, 73: 348- 352

20. Foster WI, Pratt PC, Roggli VL, Godwin JD, Halvorsen RA, Putman CE (1986)  
Centrilobular emphysema: CT-pathologic correlation.  
Radiology, 159: 27-32
21. Fraser RG, Pare IAP, Pare PD; Fraser RS, Genereux GP (1989)  
Diagnosis of diseases of the chest.  
3ed Philadelphia, Saunders
22. Furman M, Kozłowski M, Szulc S, Rogowski F, Gulaj C, Bernacki A, Cybulski A (1997)  
Przydatność tomografii komputerowej i scyntygrafii w rozpoznaniu pecherzy rozedmowych płuc.  
Wiadomości lekarskie, 7-9: 156-162
23. Gebhardt Ch, Bölskei P, Wilkening H, Havasy G, Juckenat R (1989)  
Die Behandlung des Spontanpneumothorax  
Langenbecks Arch Chir 374: 156-163
24. Goddard PR, Nicholson EM, Laszlo G, Watt I (1982)  
Computed tomography in pulmonary emphysema.  
Clin Radiol, 33: 379-387
25. Hamm H (1995)  
Pleuraerkrankungen, 552-579  
In: Fabel H (Hrsg.): Pneumologie.  
Urban&Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore
26. Hausmann M, Keller R (1994)  
Thorakoskopische Pleurodese beim Spontanpneumothorax.  
Schweiz Med Wochenschr, 124: 97-104
27. Ikeda M, Uno A, Yamane Y, Hagiwara N (1988)  
Median sternotomy with bilateral bullous resection for unilateral spontaneous pneumothorax with special reference to operative indication.  
J Thorac Cardiovasc Surg, 98: 615- 620
28. Inderbitzi R, Atay Z, Müller K-M, Karmann U, Furrer M (1994)  
Einsatz der Thorakoskopie in Diagnostik und Therapie, 341-382  
In: Nakhosteen JA, Inderbitzi R ( Hrsg.): Atlas und Lehrbuch der thorakalen Endoskopie.  
Springer, Berlin, Heidelberg, New York
29. Jimenez-Merchan R, Garcia-Diaz F, Arena-Linares C, Giron-Arjona JC, Congregado-LoCERTALES M, LoCERTALES J (1997)  
Comparative retrospective study of surgical treatment of spontaneous pneumothorax.  
Surg Endosc, 11: 919-922

30. Kahle M, Filler RD, Muhrer KH, Pasurka B (1985)  
Zur chirurgischen Behandlung des rezidivierenden und persistierenden Spontanpneumothorax.  
Prax. Klin Pneumol, 39: 130-132
31. Kaiser D (1986)  
Thorakoskopische Emphyseblasenabtragung und Fibrinklebung beim Spontanpneumothorax. 72-78  
In M. Reifferscheid ( Hrsg.): Neue Techniken in der operativen Medizin.  
Springer, Berlin, Heidelberg
32. Kaiser D, Ennker IC, Hartz C (1993)  
Video-assisted thoracoscopic surgery-indications, results, complications and contraindications.  
Thorac Cardiovasc Surg ,41: 330-334
33. Kaiser D, Hiemer-Bau M (1991)  
Operative Therapie des Pneumothorax.  
Atem.-Lungenkrankh. 17: 303-307
34. Kaiser D, Wolfart W (1983)  
Therapeutische Prinzipien zur Behandlung des Spontanpneumothorax unter besonderer Berücksichtigung der thorakoskopischen Emphyseblasenabtragung und Fibrinklebung.  
Prax Klin Pneumol, 37: 979-982
35. Kawakami Y, Irie T, Kamishima K (1982)  
Stature, lung height and spontaneous pneumothorax.  
Respiration, 43: 35-40
36. Killen DA, Gobbel WG (1986)  
Spontaneous pneumothorax.  
Little Brown, Boston
37. Kim J, Kim K, Shim YM, Chang WJ, Park KH, Jung TG, Park PW, Chae H, Lee KS (1998)  
Video-assisted thoracic surgery as a primary therapie for primary spontaneous pneumothorax.  
Decision making by guideline of high-resolution computed tomography.  
Surg Endosc, 12: 1290-1293
38. Kjaergaard H (1931)  
Spontaneous pneumothorax in the apparently healthy.  
Thesis, Kopenhagen

39. Klaue KJC, Schneider S, Bauer E (1990)  
Thoracoskopische Behandlung des primären Spontanpneumothorax am  
Allgemeinkrankenhaus- chirurgische und rechtliche Aspekte.  
Chirurg, 70: 36-42
40. Krasnik M, Christensen B, Halkier E, Hoier-Madsen K, Jelnes R, Wied U  
(1987)  
Pleurodesis in spontaneous pneumothorax by means of tetracyclin.  
Scand J Thorac Cardiovasc Surg, 21: 181-182
41. Krasnik M, Stimpel H, Halkier E (1993)  
Treatment of primary spontaneous pneumothorax with intrapleural  
tetracycline instillation or thoracotomy. Follow-up of management program.  
Scand J Thorac Cardiovasc Surg, 27: 49- 51
42. Krumhaar D, Mollinedo J, Gau A (1987)  
Primäre Thorakotomie beim Spontanpneumothorax.  
Z. Herz-Thorax-Gefäßchir., 1: 53- 55
43. Lesur O, Delorme N, Fromaget JM, Bernadac P, Polu JM (1990)  
Computed tomography in the etiologic assessment of idiopathic  
spontaneous pneumothorax.  
Chest, 98: 341-347
44. Lichter I, Gwynne JF (1971)  
Spontaneous pneumothorax in young subjects.  
Thorax, 26: 409-417
45. Light RW (1983)  
Pleura diseases.  
Philadelphia, Lea & Febiger
46. Loddenkemper R (1994)  
Pleuraerkrankungen, 712-751  
In: Ferlinz R (Hrsg.): Pneumologie in Praxis und Klinik.  
Thieme, Stuttgart, New York
47. Lörcher U (1996)  
Lungendestruktion, 91-99  
In: Lörcher U, Schmidt H (Hrsg.): HR-CT der Lunge.  
Thieme, Stuttgart, New York
48. Lörcher U (1991)  
Die hochauflösende Computertomographie in der Diagnostik diffuser  
Lungenerkrankungen  
Medizinische Habilitation, Universität Frankfurt am Main

49. Maßhoff W, Höfer W (1973)  
Zur Pathologie des sogenannten idiopathischen Spontanpneumothorax.  
Dtsch Med Wochenschr 98: 801-805
50. Mitlehner W, Friedrich M, Dissmann W (1992)  
Value of computed tomography in the detektion of bullae and blebs in  
patients with primary spontaneous pneumothorax.  
Respiration, 59: 221-227
51. Morr H (1994)  
Lungenemphysem, 314-327  
In: Ferlinz R (Hrsg.): Pneumologie in Praxis und Klinik.  
Thieme, Stuttgart, New York
52. Müller K-M (1973)  
Chronische Bronchitis und Emphysem. Eine vergleichende  
röntgenographische und morphologische Strukturanalyse.  
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
53. Müller K-M (1983)  
Pleura, 1295-1328  
In: Blümcke S, Burkhardt A ( Hrsg.): Pathologie der Lunge  
Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio
54. Naidich DP, Zinn WL, Ettenger NA, McCauley DI, Garay SM (1988)  
Basilar segmental bronchi: Thin sektion CT evaluation.  
Radiology 169: 11-16
55. Nohl-Oser H Ch (1985)  
Behandlung des Spontanpneumothorax, 164-166  
In: Nohl-Oser H Ch, Salzer GM ( Hrsg.): Lungenchirurgie  
Thieme, Stuttgart, New York
56. Olsen PS, Andersen HO (1992)  
Long-term results after tetracycline pleurodesis in spontaneous  
pneumothorax.  
Ann Thorac Surg, 53: 1015-1017
57. Parel MC, Flower CDR (1997)  
Radiology in the management of pleural disease.  
Eur Radiol, 7: 1454-1462
58. Peters RM, Peters BA, Bernischke SK, Friedman PJ (1978)  
Chest dimensions in young adults with spontaneous pneumothorax.  
Ann Thorac Surg, 25: 193-196

59. Radomsky J, Becker HP, Hartel W (1989)  
Pleuraporesität beim idiopathischen Spontanpneumothorax.  
Pneumologie, 43: 250-253
60. Rangaz A (1983)  
Diagnose und Therapie des Pneumothorax.  
Ther. Umsch., 40: 500-506
61. Roth K (1989)  
Etablierte und neu entwickelte Verfahren zur Diagnose und Therapie des  
Pneumothorax  
Medizinische Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg
62. Scheele J (1984)  
Fibrinklebung.  
Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio
63. Schott H, Viereck HJ (1972)  
Klinik und rationelle Therapie des Spontanpneumothorax.  
Dtsch Med Wochenschr, 97: 491-496
64. Schwander R, Perruchoud A, Kopp C, Herzog H (1979)  
Therapeutische Empfehlungen bei idiopathischem Spontanpneumothorax.  
Schweiz Med Wochenschr, 109: 36-39
65. Seremetis MG (1970)  
The management of spontaneous pneumothorax.  
Chest, 57: 65-68
66. Sihoe AD, Yim AP, Lee TW, Wan S, Yuen EH, Wan IY, Arifi AA (2000)  
Can CT scanning be used to select patients with unilateral primary  
spontaneous pneumothorax for bilaterally surgery?  
Chest, 118: 380- 383
67. Stobernack A, Achatzy R, Aslanian O (1996)  
Spontanpneumothorax. Konservative und operative Therapie.  
Chir Praxis, 51: 57-68
68. Swierenga J, Wagenaar JPM, Bergstein PGM (1974)  
The value of thoracoscopy in the diagnosis and treatment of diseases  
affecting the pleura and the lung.  
Pneumologie, 151: 11-18
69. Thurlbeck WM; Müller NL (1994)  
Emphysema: Definition, imaging and quantification.  
Am J Roentgenol, 163: 1017-1025

70. Ungeheuer E, Hartel W (1965)  
Der Spontanpneumothorax, seine Klinik und Therapie.  
Chir. Praxis, 9: 83-90
71. Unholtz K (1972)  
Richtlinien der chirurgischen Therapie des Spontanpneumothorax.  
Thoraxchirurgie, 20: 303-307
72. Vanderschueren R (1987)  
Thorakoskopische Befunde beim sogenannten idiopathischen  
Spontanpneumothorax.  
Thorakoskopie Symp., Berlin, September 1987
73. Vawter DL, Matthews FL, West JB (1975)  
Effect of shape and size of lung and chest wall on stresses in the lung.  
J Appl Physiol, 39: 9-17
74. Verschoof AC, Ten Velde GP, Greve LH, Wouters EF (1988)  
Thoracoscopic pleurodesis in the management of spontaneous  
pneumothorax.  
Respiration, 53: 197-200.
75. Waller DA, Forty J, Soni AK, Conacher ID, Morrill GN (1994)  
Video-thoracoscopic operation for secondary spontaneous pneumothorax.  
Ann Thorax Surg, 57: 1612-1615
76. Warner BW, Bailey WW, Shipley RT (1991)  
Value of computed tomography of the lung in the management of primary  
spontaneous pneumothorax.  
Am J Surg, 162: 39-42
77. Webb WR (1989)  
High-resolution CT of the lung parenchyma.  
Radiol Clin North Am 27: 1085-1097
78. Yasufuku K, Oiwa T, Fujisawa T (1999)  
The effectiveness of thin-section computed tomography in diagnosing  
bullous lesion in patients with spontaneous pneumothorax.  
Nihon Kokyuki Gakkai Zasshi. 37: 953-957
79. Zerhouni E (1989)  
Computed tomography of the pulmonary parenchyma: An overview.  
Chest, 95: 901-907



## **Danksagung**

Für die freundliche Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. P. Huppert, Leiter des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Klinikums Darmstadt, herzlich bedanken. Seine fachliche und persönliche Betreuung, konstruktive Kritik und Geduld waren eine wertvolle Hilfe.

Herrn Prof. Dr. med. Ch. Petermann, dem Leiter der Chirurgischen Klinik I, danke ich für die Kooperation und die freundliche Unterstützung.

Ein herzliches Dankeschön an Mitarbeiterinnen der Anmeldung des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie insbesondere Frau Stay für ihre Hilfestellung bei Aussuchen der CT-Bilder aus dem Archiv.

Für die Erstellung des Bildmaterials gilt Herrn Triska mein spezieller Dank.

Ein besonderes Dankeschön schulde ich meinem Mann Lutz, der mit seiner Zuwendung, Ermunterung und Hilfe bei der Korrektur einen wesentlichen Teil zum Erfolg dieser Arbeit beigetragen hat.

## Lebenslauf

### **Persönliche Daten**

Katarzyna Agata Wolff geboren am 7. Juni 1968 in Wroclaw ( Polen )  
als Tochter von Anna und Edward Holowko

### **Schulbildung:**

1975 - 1983 Grundschole in Wroclaw  
1983 - 1987. Gymnasium: VII Liceum Ogolnoksztalcace  
(Allgemeinbildendes Gymnasium) in Wroclaw,  
abgeschlossen mit Abitur im Juni 1987

### **Hochschulbildung:**

1987 – 1993 Medizinische Akademie in Wroclaw  
22. Juni 1993 Erwerb des ärztlichen Diploms  
1993 – 1994 Anschlußpraktikum in Specjalistyczny Szpital im. L.  
Rydygiera in Wroclaw  
17.12.1996 Approbation als Ärztin

### **Beruflicher Werdegang:**

1995 – 1996 Tätigkeit als Gastärztin am Radiologischen Institut  
des Diakonissenkrankenhauses in Stuttgart  
1996 – 1997 Tätigkeit als Assistenzärztin in der Neuro-  
chirurgischen Praxis Dr. Kafritsas in Ludwigsburg  
1997 - 2001 Tätigkeit als Assistenzärztin in der Radiologischen  
Abteilung im Kreiskrankenhaus Groß-Umstadt  
2001 - 2002 Tätigkeit als Assistenzärztin am Radiologischen  
Institut des Klinikums Aschaffenburg  
seit 1.09.2002 Tätigkeit als Assistenzärztin im Institut für  
Diagnostische und Interventionelle Radiologie des  
Klinikums Darmstadt