

**Aus der Klinik für Allgemeine-, Viszeral-, Transplantations-, Gefäß- und Thoraxchirurgie  
der Ludwig-Maximilians-Universität München**  
**Direktor: Prof. Dr. med. K.-W. Jauch**

## **Sonographische Detektion von pulmonalen Rundherden während video-assistierter Thorakoskopie (VATS)**

**Dissertation**  
**zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin**  
**an der Medizinischen Fakultät der**  
**Ludwig-Maximilians-Universität zu München**  
**vorgelegt von**  
**Dominik Völkers**

**aus**  
**Freiburg im Breisgau**

**Jahr 2013**

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München**

**Berichterstatter:** Prof. Dr. Dr. med. Rudolf Hatz

**Mitberichterstatter:** Prof. Dr. Jürgen Behr

**Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter:** Dr. med. Tim Strauss

**Dekan:** Prof. Dr. med. Dr. h. c. M. Reiser, FACP, FRCR

**Tag der mündlichen Prüfung:** 28.02.2013

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Was ist video-assistierte Thorakoskopie (VATS)?.....	1
1.2 Zur Geschichte der VATS.....	2
1.3 Indikationen für VATS.....	3
1.4 Definition pulmonaler Rundherd.....	3
1.5 Diagnostik des pulmonalen Rundherdes.....	4
1.6 Möglichkeiten der intraoperativen Lokalisation von Rundherden.....	5
1.6.1 Instrumentelle und manuelle Palpation.....	5
1.6.2 Makroskopische Sichtbarkeit der Rundherde.....	5
1.6.3 Fluoroskopie nach präoperativ CT-gesteuerter Markierung des Rundherdes .....	5
1.6.4 Markierung pulmonaler Rundherde mit Hakendraht (Hook-wire) .....	6
1.6.5 Radiologische radioaktive Markierung pulmonaler Rundherde.....	6
1.6.6 Endofinger-Methode.....	6
1.6.7 Konversion zur Thorakotomie und manuelle Palpation.....	7
1.7 Lungensonographie.....	7
1.8 VATS versus offene Thorakotomie.....	9
1.9 Fragestellung.....	10
<b>Kapitel 2: Material und Methoden.....</b>	<b>11</b>
2.1 Allgemeiner deskriptiver Teil .....	11
2.2 Lokalisationsmethoden der Rundherde und Durchführung .....	11
2.3 Patientenkollektiv.....	12
2.4 Videodigitalisierung.....	13
2.5 Vorbereitungen zur Operation.....	13
2.6 Ablauf der Operation .....	13
2.7 Vergleich der Lokalisationsmöglichkeiten der pulmonalen Rundherde .....	14
2.8 Lage der Rundherde.....	15
2.9 Vermessung der Rundherde .....	15
2.9.1 Abstandsbestimmung Rundherd – Lungenoberfläche .....	15
2.9.2 Ausmessung Rundherddurchmesser.....	16
2.10 Durchführung der intraoperativen Sonographie .....	16
2.11 Beurteilung der Sonographie von Rundherden unterschiedlicher Histologien .....	17
<b>Kapitel 3: Ergebnisse.....</b>	<b>18</b>
3.1 Patienten.....	18
3.2 Rundherdverteilung und Lage der Rundherde .....	18
3.3 Vermessung der Rundherde .....	19
3.3.1 Rundherddurchmesser.....	19
3.3.2 Abstandsbestimmung Rundherd – Lungenoberfläche .....	19
3.4 Histologien der Rundherde .....	20

3.5	Lokalisationsmethoden der pulmonalen Rundherde .....	21
3.5.1	Lokalisationsmethoden in der VATS-Gruppe (n = 42) .....	21
3.5.2	Beschreibung der makroskopisch sichtbaren Rundherde.....	22
3.5.3	Beschreibung der instrumentell palpierbaren Rundherde .....	23
3.5.4	Beschreibung der Rundherde, bei denen alle Methoden positiv oder negativ waren.....	25
3.5.5	Beschreibung der subpleural gelegenen pulmonalen Rundherde.....	25
3.5.6	Beschreibung der sonographierbaren Rundherde.....	25
3.5.7	Verteilung der sonographierbaren Rundherde .....	26
3.5.8	Sonographierbare Rundherde in Bezug auf Durchmesser und Oberflächenabstand.....	27
3.5.9	Beschreibung nicht sonographierbarer Rundherde.....	28
3.6	Konversionsrate.....	29
3.7	Sonographieergebnisse in Abhängigkeit der Histologie (n = 42) .....	30
3.8	Sonomorphologie der Rundherde in Korrelation mit der Histopathologie (n = 21) .....	30
3.8.1	Metastasen.....	31
3.8.2	Benigne-entzündliche Pathologie .....	32
3.8.3	Primäres Lungenkarzinom .....	33
3.8.4	Benigne-nichtentzündliche Pathologie .....	34
3.9	Histologische Ergebnisse in Abhängigkeit zu Vorerkrankungen.....	34
3.9.1	Histologische Ergebnisse bei maligner Vorerkrankung der Patienten.....	34
3.9.2	Histologische Ergebnisse bei Patienten ohne maligne Vorerkrankung.....	35
<b>Kapitel 4: Diskussion.....</b>	<b>36</b>	
4.1	VATS und intraoperative Sonographie als Methoden .....	36
4.2	Histopathologien in Abhängigkeit der Vorerkrankung.....	38
4.3	Diskussion der Ergebnisse.....	38
4.4	Vorteile der einzelnen Methoden in Bezug auf die Rundherdlokalisation .....	42
4.5	Konversionsrate.....	43
4.6	Sonographieergebnis in Abhängigkeit von der Histopathologie .....	44
<b>Kapitel 5: Zusammenfassung .....</b>	<b>45</b>	
<b>Anhang.....</b>	<b>47</b>	
6.1	Tabellenverzeichnis .....	47
6.2	Abbildungsverzeichnis.....	47
6.3	Abkürzungen.....	48
6.4	Übersicht über die drei möglichen Lokalisationsmethoden .....	48
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>50</b>	
<b>Lebenslauf.....</b>	<b>55</b>	
<b>Danksagung .....</b>	<b>58</b>	

# **Einleitung**

Lungenrundherde treten oft als Zufallsbefund bei der Diagnostik verschiedener Erkrankungen auf. Die Histologie kann gutartig oder bösartig sein. Solange seine Dignität nicht eindeutig geklärt ist, stellt jeder unklare pulmonale Rundherd eine Indikation zur Resektion dar [1]. Dazu existieren verschiedene Möglichkeiten. Eine der gängigen Methoden für die Diagnostik peripherer pulmonaler Rundherde stellt dabei die atypische Resektion dar, welche in sehr vielen Fällen minimal-invasiv über die video-assistierte Thorakoskopie (VATS) durchgeführt wird. Wichtig dabei ist die eindeutige präoperative, wie auch intraoperative Lokalisation der pulmonalen Rundherde, um sie auch dann sicher entfernen zu können, wenn sie primär nicht sichtbar oder tastbar sind. Hierzu wurden in der Vergangenheit schon viele Möglichkeiten entwickelt, ohne dass sich bisher ein bestimmtes Verfahren durchsetzen konnte. Eine Alternative zur minimal-invasiven Chirurgie stellt nur die offene Thorakotomie dar, mit der Möglichkeit der manuellen Palpation des Lungengewebes. Der häufigste Grund für die Konversion zur Thorakotomie nach thorakoskopischem Beginn besteht derzeit im Nichtauffinden des Rundherdes [2]. Probleme bereitet vor allem die instrumentelle Palpation sehr kleiner pulmonaler Rundherde [3]. Die intraoperative Sonographie während VATS ist ein nicht invasives Verfahren zur Lokalisation von pulmonalen Rundherden, das in dieser Arbeit näher beschrieben und dessen Stellenwert hinsichtlich der Treffsicherheit der Lokalisierung und darüber hinaus der gewebediagnostischen Aussage evaluiert werden soll.

## **1.1 Was ist video-assistierte Thorakoskopie (VATS)?**

Die video-assistierte Thorakoskopie, im Folgenden VATS, ist eine moderne Operations-technik, mit deren Hilfe sich Eingriffe an Lunge und Pleura minimal-invasiv durchführen lassen. Modern ist diese Technik deshalb, da mit einer zeitgemäßen Ausrüstung wie leistungsfähigen Optiken und hochauflösenden Videochips eine hervorragende Bildqualität erreicht worden ist, welche über angeschlossene Videotürme ein reelles Bild des intra-operativen Situs übermittelt. Demzufolge erfuhr die Thorakoskopie mit Einführung moderner Videotechnik Anfang der Achtzigerjahre eine Renaissance, nachdem sie zu Beginn des 20. Jahrhunderts von dem schwedischen Internisten Jakobaeus erstmalig angewandt wurde. Vor der VATS-Ära wurden Eingriffe an der Lunge ausschließlich offen vorgenommen. Bei der Durchführung einer VATS hat der Operateur bei geschlossenem

Thorax über eingeführte Trokare Zugang zur Thoraxhöhle. Ein Trokar (Plastikhülse zum Schutz des umgebenden Gewebes) dient als Zugang für die verwendete Videooptik. Es ist eine bessere Übersicht möglich als mit der starren Bronchoskopie. Zudem sind therapeutische Interventionen über VATS möglich. Das intraoperative Bild wird über angeschlossene Videotürme für alle Beteiligten sichtbar gemacht. Zum genauen Operationsablauf siehe Abschnitt 2.6.

## **1.2 Zur Geschichte der VATS**

Die Anfänge der Laparoskopie sowie der Thorakoskopie gehen auf den deutschen Chirurgen Georg Kelling und den schwedischen Internisten Hans Christian Jakobaeus zurück [4]. Bereits im Jahre 1910 wurde die erste Thorakoskopie von Jakobaeus durchgeführt. Dies veröffentlichte er damals in der Münchener Medizinischen Wochenschrift [5]. Die Durchführung erfolgte mit starren Geräten ohne spezielle Optiken. Das Blickfeld auf die Lungenoberfläche war nur für den jeweiligen Operateur gegeben. Zunächst wurde die Thorakoskopie nur für diagnostische Zwecke eingesetzt, hier insbesondere bei der damals weitverbreiteten Tuberkulose. Als therapeutische Maßnahme konnte später erstmals eine pleurale Adhäsiolysé durchgeführt werden. Mit Entwicklung der ersten Tuberkulostatika trat das Interesse an der Thorakoskopie wieder in den Hintergrund. Erst mit Einführung der modernen Videotechnik mittels Monitor und endoskopischen Geräten Anfang der achtziger Jahre rückte das Interesse an der endoskopischen Chirurgie wieder in den Mittelpunkt. Die Lungenoberfläche war nun über Monitor nicht mehr nur für den Operateur sichtbar. Dank der Entwicklung von modernen, miniaturisierten Instrumenten wurde die endoskopische Technik von einem anfänglich nur diagnostischen zu einem therapeutischen Verfahren [6]. So erfolgte die erste erfolgreiche laparoskopische Appendektomie 1982 durch Semm [7] und die erste erfolgreiche endoskopische Cholezystektomie 1987 durch Mouret [8]. Ein zusätzlicher Aufschwung für diese Technik ergab sich durch die konstante Verbesserung der endoskopischen Geräte hinsichtlich ihrer Flexibilität und des Auflösungsvermögens. Auch in der Thoraxchirurgie hielt die endoskopische Technik Einzug. Die hierfür entwickelten trokar-gängigen Klammernahtgeräte ermöglichten Lungenparenchym-Verschluss und -Durchtrennung in einem Arbeitsgang auch bei größeren Lungenabschnitten [9],[10]. Am Klinikum Großhadern wurde die erste endoskopische Thorakoskopie 1993 durchgeführt. Derzeit werden 20-30 % der thoraxchirurgischen Eingriffe mit Hilfe der VATS durchgeführt [11].

Die Idee zur Anwendung des intraoperativen Ultraschalls während VATS folgt aus den Erfahrungen, die man mit laparoskopischen Techniken gemacht hat [12].

### ***1.3 Indikationen für VATS***

Durch die kontinuierliche Fortführung und Verbesserung in der Entwicklung thoraxchirurgischer Instrumente können heute mittels VATS eine Vielzahl von Operationen minimal-invasiv durchgeführt werden [13], [14, 15].

Dazu gehören:

- atypische Keilresektionen (zum Beispiel zur Rundherdentfernung)
- Pleurodesen und Pleurektomien bei Pneumothoraces und malignen Pleuraergüssen [16]
- Perikardfensterungen
- Hämatomausräumungen
- Dekortikationen bei Pleuraempyemen in frühen Stadien
- Resektionen von ganzen Lungenlappen [14]
- thorakoskopische Abklärung unklarer pleuraler Veränderungen (DD Pleurakarzinose, Pleuramesotheliom) unmittelbar vor der eigentlichen Thorakotomie

Die wichtigsten Anwendungsgebiete der VATS liegen zur Zeit in der Pneumothorax-Behandlung, sowie in der atypischen Resektion unklarer Lungenbefunde und Pleurodese [15]. Zunehmend wird auch die Lobektomie im Stadium I des Lungenkarzinoms durchgeführt. Eine wichtige Domäne der VATS ist zudem die diagnostische Klärung des Pleuraergusses. Eine Diagnosesicherung wird zu einem sehr hohen Prozentsatz ermöglicht [16].

### ***1.4 Definition pulmonaler Rundherd***

Unter einem pulmonalen Rundherd versteht man eine von Lungengewebe umgebene, zirkumskripte, mehr oder weniger runde Verschattung von nicht mehr als 3 cm Durchmesser [1, 17]. In sehr vielen Fällen wird dieser als Zufallsbefund bei einer radiologischen Untersuchung der Lunge diagnostiziert, insbesondere dann, wenn eine maligne Vorerkrankung besteht. Hierbei ist besonders auf kleine, periphere Rundherde zu achten [18, 19]. Bei der Abklärung von pulmonalen Rundherden ohne Malignom in der Anamnese besteht der Grundsatz: Jeder pulmonale Rundherd größer als 1 cm muss solange

als malignitätsverdächtig gelten, bis zweifelsfrei das Gegenteil bewiesen ist [1]. Dies erfolgt in der Regel über eine eindeutige Sicherung der Histologie des pulmonalen Rundherdes. Derzeit wird der Anteil von Rundherden mit maligner Genese auf 40-50 % geschätzt [17, 20].

## **1.5 Diagnostik des pulmonalen Rundherdes**

Ein pulmonaler Rundherd ist in den meisten Fällen eine Zufallsdiagnose. Mit steigendem Alter und zunehmender Größe nimmt jedoch das Risiko auf Bösartigkeit zu [17]. Für die Diagnostik eines bisher nicht bekannten pulmonalen Rundherdes stehen bisher die folgenden Möglichkeiten zur Verfügung:

Nach üblicher präoperativer Primärdiagnostik, welche Anamnese, klinische Untersuchung, Röntgen-Thorax-Bild, Computertomographie der Lunge sowie Überprüfung der Lungenfunktion beinhaltet [1], kann man Gewebeproben bekommen mittels:

- VATS mit atypischer Resektion
- Bronchoskopie mit transbronchialer Punktion, mit oder ohne endobronchialem Ultraschall
- offener Thorakotomie und Lungenteilresektion
- Computertomographie-gesteuerter transthorakaler Punktions

Für die präoperative Lokalisation der pulmonalen Rundherde gilt die Spiral-Computertomographie mit einer maximalen Schichtdicke von 4 mm als Goldstandard [17]. Für die VATS oder die CT-gesteuerte Punktion eignen sich vor allem peripher gelegene Herde, für zentral gelegene Rundherde eignet sich hingegen die Bronchoskopie oder die Thorakotomie mit atypischer Resektion. Hierbei ist zu bedenken, dass bei einer transthorakalen Biopsie niemals der gesamte Rundherd beurteilt werden kann und somit die Aussagekraft bei gutartiger Histologie sehr kritisch einzuschätzen ist [17]. Bei der VATS besteht vor allem die Schwierigkeit, den pulmonalen Rundherd intraoperativ eindeutig zu identifizieren [21]. Bei Versagen von eindeutigen Lokalisationsmethoden (visuell oder instrumentell-palpatorisch) während VATS steht dem Operateur nur die Konversion zur offenen Thorakotomie mit manueller Palpation als Lokalisationsmethode zur Verfügung [3, 19, 22, 23]. Die tastende Hand des Operateurs gilt in Zweifelsfällen derzeit als Goldstandard [16].

## **1.6 Möglichkeiten der intraoperativen Lokalisation von Rundherden**

Ein wesentliches Problem, das sich intraoperativ ergibt, ist die eindeutige Lokalisation des pulmonalen Rundherdes in der nicht inflatierten Lunge. Piolanti et al. [24] gehen davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit der positiven Detektion eines pulmonalen Rundherdes proportional zu seinem Durchmesser, sowie umgekehrt proportional zum Abstand von der Lungenoberfläche ist. Dieser Umstand verdeutlicht die Schwierigkeit der Lokalisation und erklärt, weshalb es eine Reihe von Entwicklungen auf dem Gebiet der Lokalisationstechnik von pulmonalen Rundherden gibt, von denen sich bisher keine als bahnbrechend erwiesen hat. Einige von ihnen sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden:

### **1.6.1 Instrumentelle und manuelle Palpation**

Diese stellt die herkömmliche, etablierte Methode zur Lokalisation von pulmonalen Rundherden dar. Der Chirurg palpirt das Lungengewebe über die platzierten Trokare mittels Instrumenten, Tupfer, Taststab etc. Zudem ist es dem Chirurgen möglich, günstig gelegenes verdächtiges Lungengewebe mit Instrumenten nahe an die Trokaröffnung heranzuholen, um die suspekte Läsion manuell abzutasten.

### **1.6.2 Makroskopische Sichtbarkeit der Rundherde**

Es gibt pulmonale Rundherde, die bei der primären Exploration der Thoraxhöhle über eine Veränderung der Lungenoberfläche sichtbar sind. Dies betrifft vor allem subpleural gelegene Rundherde. Es ist außerdem möglich, die vollkommene Deflation der Lunge abzuwarten, um eventuell tiefer gelegene Rundherde sichtbar werden zu lassen (Vorwölbung auf der Lungenoberfläche). Wichtig ist hier die Doppellumenintubation durch einen erfahrenen Anästhesisten.

### **1.6.3 Fluoroskopie nach präoperativ CT-gesteuerter Markierung des Rundherdes**

Die pulmonalen Rundherde werden präoperativ Computertomographie-gesteuert mit Lipiodol markiert. Als Markierung auf der viszeralen Pleura in der Nähe des zu resezierenden pulmonalen Rundherdes dient gefärbtes Kollagen. Während der anschließenden Thorakoskopie werden die markierten Rundherde mit Hilfe intraoperativer Fluoroskopie ausfindig gemacht und reseziert [25]. Der Patient muss hierzu präoperativ thorakal punktiert werden, und das Lipiodol ist nur ungefähr am Ort des Herdes zu halten.

#### ***1.6.4 Markierung pulmonaler Rundherde mit Hakendraht (Hook-wire)***

Ein Hakendraht wird präoperativ Computertomographie-gesteuert in oder dicht neben der suspekten Läsion platziert. Eine Kontroll-Computertomographie verifiziert die korrekte Lage. Die thorakoskopische Resektion wird direkt im Anschluss durchgeführt. Ein am Hakendraht befindlicher Faden erleichtert intraoperativ das Auffinden des Rundherdes [26]. Der Patient muss präoperativ thorakal punktiert werden, bei Zusammenfallen der Lunge während der Operation kann der Draht dislozieren. Die Länge des Drahtverlaufs im Lungengewebe kann an der Lungenoberfläche nicht bestimmt werden.

#### ***1.6.5 Radiologische radioaktive Markierung pulmonaler Rundherde***

Präoperativ wird in die Nähe des suspekten pulmonalen Rundherds CT-gesteuert eine radioaktive Suspension gespritzt (zum Beispiel  $^{99m}$  Tc tin colloid). In der anschließend durchgeführten Thorakoskopie wird der verdächtige Rundherd mit einer Gamma-Sonde aufgesucht. Zielort der Resektion ist das Lungenareal mit der höchsten Radioaktivität [2]. Der Patient muss präoperativ thorakal punktiert werden und erhält eine radioaktive Substanz verabreicht.

#### ***1.6.6 Endofinger-Methode***

Eine relativ neue Technik, welche auf einem berührungsempfindlichen Sensor beruht, der zwischen dem Härtegrad von verschiedenen Objekten unterscheiden kann. Über einen angeschlossenen Computer erhält man eine Resonanz-Kurve, welche auf die Konsistenz des berührten Objektes schließen lässt. Fährt man mit diesem Sensor das Lungengewebe ab, so kann man sich dies zur Detektion von pulmonalen Rundherden zunutze machen. Jedes Gewebe hat seine eigene „Härte“. So ist man in der Lage, zwischen kleinen Rundherden, Bronchien und anderen thorakalen Strukturen zu unterscheiden [27]. Diese Methode hat aufgrund des erforderlichen technischen Aufwandes noch keine breite klinische Anwendung gefunden.

Darüber hinaus gibt es noch weitere Methoden der Lokalisation, wie zum Beispiel die Methylenblau-Färbung oder das Agar marking [28], auf die hier nicht näher eingegangen werden soll.

### **1.6.7 Konversion zur Thorakotomie und manuelle Palpation**

Bei Versagen der oben beschriebenen Methoden bleibt die Konversion zur Thorakotomie und in diesem Zuge die manuelle Palpation als Mittel der Wahl. Vorteile bestehen in der kompletten manuellen Palpationsfähigkeit der gesamten Lunge. Unter Umständen können somit auch kleine, in der Computertomographie nicht dargestellte Rundherde detektiert werden. Allerdings ist diese Methode auch mit erheblich größeren Belastungen für den Patienten verbunden, da die Integrität der Thoraxwand im Rahmen der Thorakotomie aufgehoben wird und daraus postoperativ funktionelle Störungen der Atemfunktion und vermehrte Schmerzen resultieren können [16].

## **1.7 Lungensonographie**

Die Lungensonographie während VATS stellt ein relativ neues Verfahren der intraoperativen Lokalisation von pulmonalen Rundherden dar. Frühere Arbeiten gehen davon aus, dass Sonographie an der atelektatischen Lunge genauso wie an anderen parenchymatösen Organen durchgeführt werden kann [29] [30]. Möglich wurde sie erst durch die technische Miniaturisierung der dazu notwendigen trokargängigen Schallköpfe. Für eine einwandfreie Anwendung bedarf es allerdings einer luftleeren Lunge, da sonst die Ultraschallwellen durch die Restluft reflektiert werden und somit das entstehende Bild nicht aussagekräftig ist. Durch die Möglichkeit der Einzellungenventilation bei Doppel-lumenintubation ist dies machbar geworden. Beispiele für die intraoperative Sonographie während VATS zeigen die Abbildungen 1.1 und 1.2.

Voraussetzung ist, dass der untersuchende Schallkopf direkt auf die atelektatische Lungenoberfläche aufgesetzt werden kann. Zur Detektion von verdächtigen Strukturen wird die Lungenoberfläche systematisch abgefahren. Mit der entsprechenden Technik kann man über Bild-in-Bild-Technologie sowohl das Ultraschallbild als auch das Thorakoskopiebild simultan auf einem Monitor betrachten und bewerten. Ein Informationsgewinn bezüglich der Genese des pulmonalen Rundherdes kann sich durch die Echogenität sowie durch die Anwendung des Doppler-Signals ergeben [31].

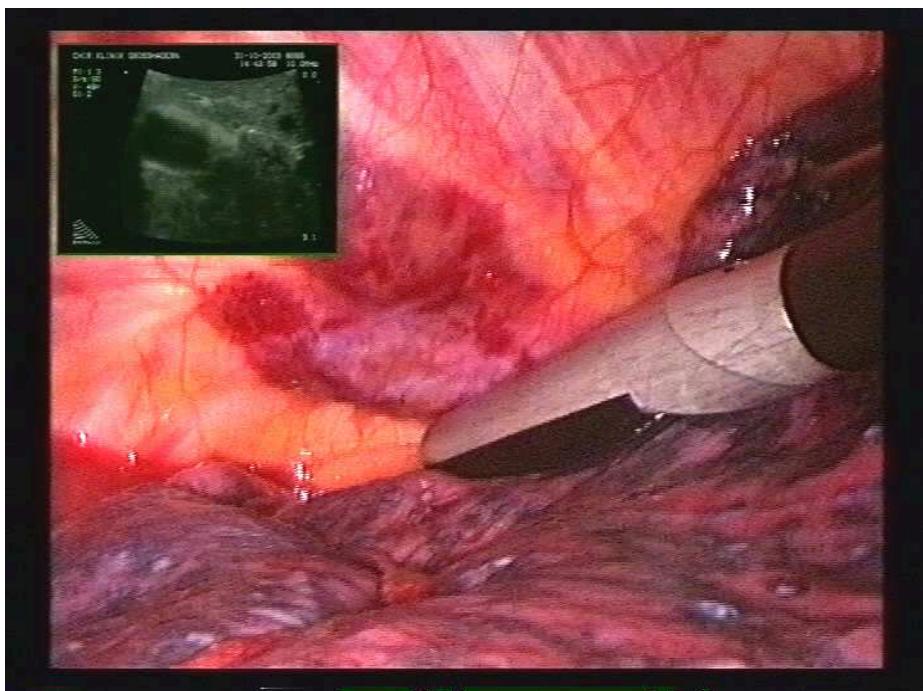


Abb. 1.1 Sonographie-Sonde führt über atelektatische Lunge und liefert gleichzeitig das Ultraschallbild über Bild-in-Bild-Technik



Abb. 1.2 Pulmonaler Rundherd mit unregelmäßigem Randsaum in der intraoperativen Sonographie

## **1.8 VATS versus offene Thorakotomie**

Ein zufällig diagnostizierter pulmonaler Rundherd kann von chirurgischer Seite her entweder über VATS oder über eine offene Thorakotomie reseziert werden. Vorteile der VATS gegenüber der konventionellen Thorakotomie bestehen durch die geringere Traumatisierung des Thorax, eine geringere Gefahr der Verletzung der Interkostalarterien sowie eine deutliche Verringerung der Schmerzbelastung [10, 16, 32, 33]. Studien haben ergeben, dass der Schmerzmittelverbrauch bis auf ein Drittel reduzierbar ist [34]. Es resultieren ein verkürzter Krankenhausaufenthalt sowie ein besseres kosmetisches Ergebnis der VATS im Vergleich zur Thorakotomie. Durch den üblicherweise vierfachen Vergrößerungsfaktor bietet die VATS ein genaueres Bild des Operationsfeldes als die offene Chirurgie [35]. Damit sind minimale Veränderungen der Lungenoberfläche besser erkennbar. Die VATS ist eine sichere Interventionsmethode, jedoch steigt die Zahl der Komplikationen mit zunehmendem Risikoprofil der Patienten (hohes Alter, Immundefizienz, Verwachsungen, etc.) [36]. Insgesamt treten bei der VATS in ca. 4–19 % Komplikationen auf, wobei die Mortalität zwischen 0,5 und 1,9 % liegt [37].

Operationszeit und Blutverlust der beiden Operationstechniken unterscheiden sich nicht [38]. Ein direkter Vergleich der beiden Techniken ist jedoch aufgrund der präoperativen Selektion schwierig. Komplikationen bei VATS können im postoperativen Verlauf Re-Eingriffe über Thorakotomie erforderlich machen, zum Beispiel bei ausgeprägten pleuralen Verwachsungen [16]. Seit Einführung von radiologischen Lokalisierungsmethoden hat sich die Fehl-Resektions-Rate bei VATS von 45 % auf 5 % gesenkt, allerdings um den Preis einer zusätzlichen Invasivität vor der Operation [39].

Die Möglichkeit zur gezielten Biopsie-, Abstrich- und Ergussgewinnung mit nachfolgender histochemischer Analyse sind bei minimal-invasiven Techniken genauso möglich wie bei der offenen Chirurgie [37]. Ein weiterer Vorteil liegt möglicherweise in der Anwendbarkeit bei Patienten mit eingeschränkter pulmonaler Reserve, welches allerdings Gegenstand kontroverser Diskussionen ist [24]. Manche Autoren führen in diesem Zusammenhang den Verlust der manuellen Palpationsmöglichkeit des Lungengewebes während VATS als Hauptnachteil an [3]. Die manuelle Palpation und somit eine sensitive Lokalisierungsmethode für pulmonale Rundherde stellt gleichzeitig den Hauptvorteil der offenen Chirurgie dar.

## **1.9 Fragestellung**

Primäres Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Stellenwert der intraoperativen Sonographie für die Detektion pulmonaler Rundherde während VATS zu evaluieren. Als sekundäre Fragestellung sollen der intraoperative Informationsgewinn durch die Sonographie für den Operateur sowie die Korrelation der Sonomorphologie der Rundherde mit der jeweiligen Histopathologie untersucht werden.

## **Kapitel 2: Material und Methoden**

### ***2.1 Allgemeiner deskriptiver Teil***

Im Zeitraum von Juni 2003 bis Mai 2006 wurden im Klinikum Großhadern in der Abteilung für Thoraxchirurgie 42 Patienten mit unklaren pulmonalen Rundherden operiert, bei denen zeitgleich die intraoperative Sonographie als Lokalisationsmethode zum Einsatz kam. Bei allen 42 Patienten erfolgte die Resektion der pulmonalen Rundherde atypisch mittels video-assistierter Thorakoskopie (VATS-Gruppe). Zur Detektion der pulmonalen Rundherde wurden bei allen Patienten die visuelle Darstellbarkeit, die manuelle und/oder instrumentelle Palpation des Lungengewebes sowie die intraoperative Sonographie des Lungenparenchyms mit einer 10-MHz-Sonde (Firma B-K Medical A/S, Herlev, Denmark) als Lokalisationsmethoden untersucht.

### ***2.2 Lokalisationsmethoden der Rundherde und Durchführung***

Zur Lokalisation der pulmonalen Rundherde wurde stets bei primärer Exploration der Thoraxhöhle auf makroskopisch sichtbare Rundherde, beziehungsweise auf verdächtige Veränderungen der Lungenoberfläche geachtet. Dann wurde die etablierte Methode der manuellen bzw. instrumentellen Palpation angewandt. Der primäre Endpunkt lag auf der zielführenden Lokalisationsmethode. Für die Sonographie wurde ein laparoskopisch schwenkbarer 10-MHz-Schallkopf der Firma B-K Medical A/S, Herlev, Denmark (2102-7 HAWK Color Doppler, 8666 Laparoscopic probe, 1270 Remote control) verwendet. Die Visualisierung des intraoperativen Situs sowie des Ultraschallbildes erfolgte über angeschlossene Videotürme der Firma Karl Storz (Karl Storz GmbH & Co. KG, Mittelstraße 8, 78532 Tuttlingen). Zur retrospektiven Auswertung der intraoperativen Sonographie bezüglich der Echogenität der pulmonalen Rundherde in Korrelation mit der jeweiligen Histologie wurde das Verfahren bei 21 Patienten videodokumentiert (Sony S-VHS - Videorecorder, Shinagawa, Japan). Zur Erfassung des Kollektivs wurde die zentrale elektronische Datenverarbeitung und -archivierung der Chirurgischen Klinik und Poliklinik des Klinikums Großhadern herangezogen. Es wurden nur Patienten berücksichtigt, bei denen primär eine thorakoskopische atypische Resektion geplant worden war.

## **2.3 Patientenkollektiv**

Eingeschlossen in die klinische Studie wurden n = 42 Patienten im Alter zwischen 32 und 81 Jahren. Das mittlere Alter der Patientengruppe lag bei 60,6 Jahren. 27 Patienten (64,3 %) waren männlich, 15 (35,7 %) weiblich. 28 Patienten (66,7 %) hatten ein Malignom in der Vorgeschiede. Die Indikation für die Operation waren zufällig oder im Rahmen einer vorbestehenden Malignomerkrankung diagnostizierte pulmonale Rundherde, deren Dignität es abzuklären galt. Ausschlusskriterien waren thorakale Voroperation, nicht mögliche Ein-Lungen-Ventilation oder Ablehnung des Vorgehens durch den Patienten. Ein Hohes Alter der Patienten stellte per se kein Ausschlusskriterium dar.

Zur Datenerhebung wurden die im Zuge der chirurgischen Dokumentation elektronisch gespeicherten Arztbriefe, Operationsberichte sowie histopathologischen Befunde verwendet und mittels Excel (Microsoft Excel 2000, Redmond, Washington, USA) und SPSS (Version 15.0 für Windows, 233 S. Wacker Drive, Chicago, 60606 Illinois) mittels deskriptiver statistischer Verfahren ausgewertet. Sämtliche Datengrundlagen für Abbildungen und Tabellen dieser Arbeit entstammen aus dem oben genannten Patientenkollektiv.

Primärer Endpunkt der Studie war:

- Sonographische Detektion des Rundherdes im Vergleich zu visueller und instrumentell palpatorischer Detektion

Sekundäre Endpunkte der Studie waren:

- Größe des pulmonalen Rundherdes im Verhältnis zum Abstand des Rundherdes von der Lungenoberfläche
- Konversionsrate zur Thorakotomie
- Sonographische Detektion in Bezug auf die Histologie
- Sonomorphologie in Korrelation mit der Histologie

Für die Ausmessung und korrekte Zuordnung der pulmonalen Rundherde zu dem Sonographie-Befund wurden die präoperativ durchgeführten Computertomographien des Thorax sowie der jeweilige Befund verwendet und diese in Verbindung mit den jeweiligen Arztbriefen und Operationsberichten ausgewertet. Dabei wurden 23 der 42 Computertomographien des Thorax präoperativ im Klinikum Großhadern durchgeführt und waren dort archiviert. Bei 19 Patienten wurden die präoperativen Computertomographien extern durchgeführt und von der jeweiligen Institution zur Auswertung angefordert.

## ***2.4 Videodigitalisierung***

Für die Beurteilung der Sonomorphologie in Bezug auf die Histopathologie wurde die Operation bei 21 Patienten videodokumentiert. Zur besseren Beschreibung der Sonomorphologie wurde das zur Aufzeichnung der Operation verwendete S-VHS-Format mittels eines Digitalisierungs-Programms (AVS-4you, Online Media Technologies Ltd., 29 Harley Street, London W1G 9QR, United Kingdom) in ein gängiges digitales Videoformat umgewandelt (Audio Video Interleave, AVI, ein von Microsoft® definiertes Video-Containerformat). Die Beschreibung der Sonomorphologie erfolgte auf dem digitalen Bild nach den in der Sonographie-Beurteilung üblichen Grundsätzen.

## ***2.5 Vorbereitungen zur Operation***

Bei jedem Patienten wurde zur präoperativen Übersicht bezüglich Anzahl und Lokalisation der Lungenrundherde sowie zur Darstellung der individuellen anatomischen Besonderheiten eine Spiral-Computertomographie des Thorax mit Kontrastmittel durchgeführt (max. 4 mm rekonstruierte Schichtdicke, pulmonalarterielle Phase des Kontrastmittels). Dies erfolgte im Klinikum Großhadern oder extern. Es wurde keine präoperative radiologische Markierung mittels Draht- oder Farbmarkierung der pulmonalen Rundherde durchgeführt. Für die Allgemeinnarkose wurde ein Doppel-lumentubus verwendet, um die zur Operation benötigte Einzellungenventilation zu ermöglichen. Die Lagerung des Patienten auf dem Operationstisch erfolgte auf der für den geplanten Eingriff abgewandten Seite. Die Rundherdresektion wurde in 40 Fällen nur auf einer Lungenseite durchgeführt. Lediglich bei zwei Patienten mit multiplen Rundherden wurde auf beiden Lungenseiten reseziert. Dazu wurden die Patienten intraoperativ gewendet. Bei der Lagerung des Patienten auf dem Operationstisch wurde darauf geachtet, dass die zu operierende Thoraxseite ausreichend überstreckt war, um genügend Platz für die Trokare in den Interkostalräumen zu haben. Neben dem Instrumentarium für die minimal-invasive Chirurgie stand stets auch die Ausstattung für ein offenes Operationsverfahren im Falle einer nötigen Konversion zur Verfügung [40].

## ***2.6 Ablauf der Operation***

Es werden drei Trokare (5-20 mm) in dreiecksförmiger Anordnung zwischen dem 4. bis 7. Interkostalraum zwischen der Medioklavikularlinie und der hinteren Axillarlinie platziert. Nach Einführen der Optik wird der Deflationszustand der Lunge beurteilt. Gegebenenfalls

werden vorhandene Adhäsionen beseitigt. Zusätzlich wird bei primärer Exploration der Thoraxhöhle auf eventuell makroskopisch sichtbare Rundherde, beziehungsweise Veränderungen der Lungenoberfläche geachtet. Danach wird die Lunge im anhand der präoperativen Computertomographie festgelegten Zielgebiet instrumentell palpirt und anschließend dort sonographiert. Kann der Herd eindeutig identifiziert werden, wird entschieden, ob eine thorakoskopische Resektion möglich ist, und diese durchgeführt, wobei der Herd nochmals im Resektat sonographiert wird. Ist eine thorakoskopische Resektion nicht möglich, so wird eine Mini-Thorakotomie (3-4 cm lange Inzision am Oberrand der entsprechenden Rippe mit Eröffnung des Pleuraspaltes nach vorheriger Spreizung mit Schere und Finger) durchgeführt und der Herd nach herkömmlichem Standard offen reseziert. Das Resektat wird zum Schnellschnitt geschickt und abhängig von dem Ergebnis wird die Operation beendet (bei benignem Befund oder klarer Metastase ohne kurativen Ansatz) oder fortgesetzt (unklarer Befund oder primäres Lungenkarzinom mit nachfolgender Thorakotomie und Lappenresektion sowie mediastinaler Lymphadenektomie).

## ***2.7 Vergleich der Lokalisationsmöglichkeiten der pulmonalen Rundherde***

Zur intraoperativen Lokalisation der pulmonalen Rundherde bestanden in der vorliegenden Studie folgende Möglichkeiten:

- Visualisierung oberflächlich gelegener Rundherde
- Manuelle/instrumentelle Palpation der Rundherde im Lungenparenchym
- Intraoperative Sonographie der Rundherde
- Konversion zur offenen Thorakotomie und manuelle Palpation

Um eine Aussage zwischen den etablierten Methoden der intraoperativen Lokalisation der pulmonalen Rundherde und der intraoperativen Sonographie treffen zu können, wurden diese miteinander verglichen und statistisch ausgewertet. Ein mittels Sonographie erkannter pulmonaler Rundherd wurde als detektiert gewertet, sobald er eindeutig im Ultraschallbild als solcher abgegrenzt werden konnte und dies in den entsprechenden Operationsberichten vermerkt worden war. In gleicher Weise wurde ein pulmonaler Rundherd als palpirt beziehungsweise makroskopisch erkannt gewertet. War primär intraoperativ kein pulmonaler Rundherd lokalisierbar, oder wurde festgestellt, dass ein lokalisierte pulmonaler Rundherd nicht atypisch mittels VATS resezierbar war, so erfolgte

die Konversion zur offenen Thorakotomie. War ein Rundherd thorakoskopisch detektiert worden, erwies sich aber als nicht mit VATS-Technik resektable, verblieb er dennoch in der VATS-Gruppe. Des Weiteren konnte eine Konversion zur offenen Thorakotomie nach erfolgreicher Detektion und atypischer Resektion mittels VATS und Bestätigung eines primär malignen Schnellschnittergebnisses erfolgen. Bei Patienten mit multiplen Rundherden wurden je nach Möglichkeit mehrere Rundherde atypisch reseziert. In die Wertung mitaufgenommen wurden nur diejenigen Rundherde, welche anhand der präoperativ durchgeführten Computertomographie des Thorax mittels VATS-Technik als resektable beurteilt wurden. Bei jedem Patienten wurde jeweils nur der primär detektierte Rundherd gewertet.

## **2.8 Lage der Rundherde**

Insgesamt fanden sich bei 21 Patienten (50,0 %) singuläre und bei 21 Patienten (50,0 %) multiple pulmonale Rundherde. Dabei wurde die Bezeichnung singulärer Rundherd stets auf eine Lungenseite bezogen. Die Angabe der Lage der Rundherde bezieht sich auf deren Vorliegen im jeweiligen Lungenlappen. Fanden sich multiple Rundherde bei einem Patienten, so wurde zur Lage des Rundherdes die jeweilige Entnahmestelle aus dem Lungenlappen gewertet. Bestanden bei einem Patienten multiple pulmonale Rundherde, so wurde nur jeweils ein genau zuordnbarer Rundherd gewertet und ausgemessen. Voraussetzung war jedoch, dass dieser vorher eindeutig mittels einer etablierten Methode oder mittels intraoperativer Sonographie detektiert und zugeordnet werden konnte. Bei drei Patienten mit multiplen pulmonalen Rundherden fanden sich mehrere Rundherde im gleichen Lungenlappen, zweimal im Oberlappen rechts sowie einmal im Oberlappen links.

## **2.9 Vermessung der Rundherde**

### **2.9.1 Abstandsbestimmung Rundherd - Lungenoberfläche**

Die Abstandsbestimmung des Rundherdes zur Lungenoberfläche wurde in Zusammenarbeit mit der radiologischen Abteilung des Klinikums Großhadern vorgenommen. Hierzu wurden sämtliche präoperativ durchgeführten Computertomographien der Lunge analysiert. Der längste Zeitabstand zwischen Datum der radiologischen Diagnostik und OP-Termin betrug 7 Monate, in 40 Fällen aber weniger als drei Monate.

Um die maximale Tiefe eines pulmonalen Rundherdes im Lungenparenchym ermitteln zu können, bis zu der er mit der Sonographie noch eindeutig detektiert werden kann, wurde jeder Rundherd, der sowohl in der präoperativen Computertomographie als auch in der intraoperativen Sonographie eindeutig sichtbar war, einander zugeordnet und ausgemessen. Dazu wurde der minimale Abstand des pulmonalen Rundherdes zur Lungenoberfläche in der präoperativen Computertomographie des Thorax mithilfe des elektronischen Abstandsmessers ausgemessen. Als minimaler Abstand wurde derjenige Bereich des pulmonalen Rundherdes definiert, welcher den geringsten Abstand zur Lungenoberfläche besaß. Bei Computertomographien des Thorax, welche extern durchgeführt worden waren und nicht in elektronischer Kopie vorlagen, erfolgte die Ausmessung maßstabsgemäß auf dem vorhandenen Papierausdruck mithilfe eines Lineals. In gleicher Weise wurden die Abstände von palpierbaren und makroskopisch sichtbaren Rundherden ermittelt. Der Abstand konnte bei 36 der 42 Patienten ausgemessen werden. Bei drei Patienten lagen multiple Rundherde im gleichen Lungenlappen vor, sodass eine definitive Zuordnung nicht mehr vorgenommen werden konnte, bei einer Patientin fanden sich anstelle von Rundherden pneumonische Infiltrate. In zwei Fällen war eine Ausmessung aus technischen Gründen nicht möglich.

### ***2.9.2 Ausmessung Rundherddurchmesser***

Die Ausmessung des Durchmessers des jeweils resezierten Rundherdes erfolgte bei 37 der 42 Patienten. Dazu wurde ebenfalls das integrierte elektronische Messverfahren der Radiologie verwendet. Bei den externen Computertomographien, welche lediglich in Papierform vorlagen, erfolgte die Ausmessung maßstabsgetreu mithilfe des Lineals. Bei drei Patienten lagen multiple pulmonale Rundherde vor, sodass keine genaue Zuordnung vorgenommen werden konnte. In zwei Fällen war die Ausmessung aus technischen Gründen nicht möglich.

## ***2.10 Durchführung der intraoperativen Sonographie***

Die intraoperative Sonographie der Lunge gewinnt an Aussagekraft bezüglich intrapulmonaler Prozesse, wenn zum Zeitpunkt der Durchführung das interessierende Gewebe vollständig luftleer ist, da sonst gesendete Ultraschallwellen an der Luft reflektiert werden und das sich ergebende Bild für den Untersucher durch Artefakte überlagert ist. Aus diesem Grund wird die zu operierende Lungenseite unter Verwendung eines

Doppellumentubus in Atelektase versetzt. Zur intraoperativen Sonographie wird über einen vorhandenen Arbeitstrokar ein flexibler endoskopischer 10-MHz-Schallkopf der Firma B-K Medical, Herlev, Denmark (2102-7 HAWK Color Doppler including 8666 Laparoscopic probe with biopsy facilities and 1270 Remote control) in die Thoraxhöhle eingeführt und systematisch die Lungenoberfläche abgefahren. Die Übermittlung des Ultraschallbildes erfolgt über angeschlossene Monitore mittels Bild-in-Bild-Technik. Der Operateur gewinnt somit zeitgleich Informationen über die Lage der Instrumente sowie über die Echogenität der unter der Ultraschallsonde gelegenen Lungenabschnitte. In den Schallkopf integriert war eine Farbdoppler-Funktion zur Beurteilung der Durchblutung des jeweiligen sonographierten Rundherdes (2102-7 HAWK Color Doppler). Bei unzureichender Ankopplung der Ultraschallsonde wurde 0,9 % NaCl-Lösung in den Thorax appliziert, bis die Lunge ausreichend Kontakt für die Sonde bot.

## ***2.11 Beurteilung der Sonographie von Rundherden unterschiedlicher Histologien***

Bei 21 Patienten wurde die intraoperative Sonographie videodokumentiert (S-VHS-Videorecorder der Firma Sony, Shinagawa, Japan). Zur ersichtlichen Zuordnung der Histopathologien der jeweils resezierten Rundherde fassten wir die durch das Pathologische Institut des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität bestätigten Histologien wie folgt in Gruppen zusammen:

- Primärkarzinom der Lunge
- Metastase
- Benigne-nichtentzündlich
- Benigne-entzündlich

Zur Beurteilung der sonographischen Darstellbarkeit eines pulmonalen Rundherdes hinsichtlich der unterschiedlichen histopathologischen Gruppen wurden retrospektiv die jeweiligen sonographischen Befunde der Rundherde analysiert und miteinander verglichen. Die Einteilung der Sonomorphologie des Rundherdes erfolgte nach der für die Sonographie etablierten Echogenitätsbeschreibung. Sonomorphologisch wurden die Echogenität und Homogenität, die Regelmäßigkeit des Randsaumes, die dorsale Schallverstärkung/-abschwächung und gegebenenfalls die farbkodierte Duplexsonographie (2102-7 HAWK Color Doppler) zur Einschätzung der Gefäßversorgung des Herdes beurteilt.

## Kapitel 3: Ergebnisse

### 3.1 Patienten

In die Studie eingeschlossen wurden 42 Patienten, bei denen mittels video-assistierter Thorakoskopie eine intraoperative Sonographie und eine atypische Resektion der Rundherde durchgeführt wurde (VATS-Gruppe). Das mittlere Alter der Patienten lag bei 60,6 Jahren (32–81 Jahre), 64,3 % waren männlich, 35,7 % weiblich.

### 3.2 Rundherdverteilung und Lage der Rundherde

Bei allen 42 Patienten wurde eine VATS durchgeführt. Bei 39 Patienten wurde jeweils ein genau zuordenbarer Rundherd gewertet. Bei 3 Patienten lagen multiple Rundherde im selben Lungenlappen vor (zweimal im Oberlappen rechts und einmal im Oberlappen links), sodass eine exakte Zuordnung retrospektiv nicht mehr möglich war. Hier war jeweils die sonographische Detektion als die zutreffende Lokalisationsmethode erfolgreich. Gewertet wurde bei diesen 3 Patienten die Entnahmestelle des ersten resezierten Rundherdes. Bei 21 Patienten (50,0 %) traten singuläre Rundherde auf, bei 21 (50,0 %) multiple Rundherde. 12 Rundherde (28,6 %) lagen im rechten Oberlappen, 10 Rundherde (23,8 %) im linken Oberlappen. Im linken Unterlappen fanden sich 10 (23,8 %), im rechten Unterlappen 8 (19 %) und im Mittellappen zwei Rundherde (4,8 %). Eine graphische Darstellung der Lage der Rundherde zeigt Abbildung 3.1.

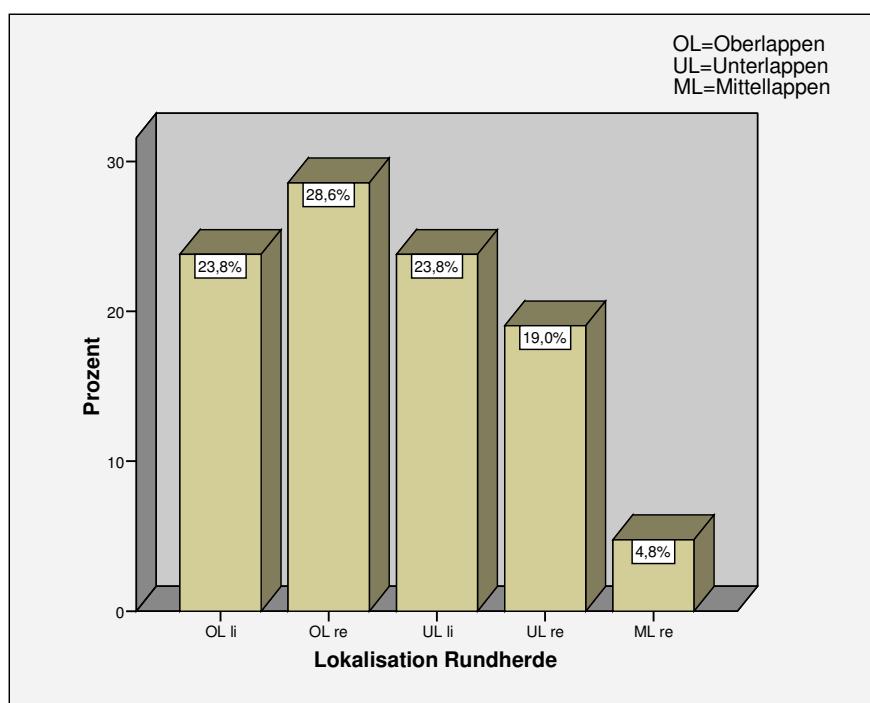


Abb. 3.1 Lokalisation der Rundherde während VATS ( $n = 42$ )

### **3.3 Vermessung der Rundherde**

#### **3.3.1 Rundherddurchmesser**

Von den 42 Patienten konnte bei 37 der Durchmesser der Rundherde analysiert werden. Hierbei betrug der kleinste Rundherd im Durchmesser 0,3 cm und der größte Rundherd 4,0 cm (Mittelwert = 1,59 cm, Standardabweichung 0,89). Einen Überblick über die Verteilung des Durchmessers zeigt Abbildung 3.2.

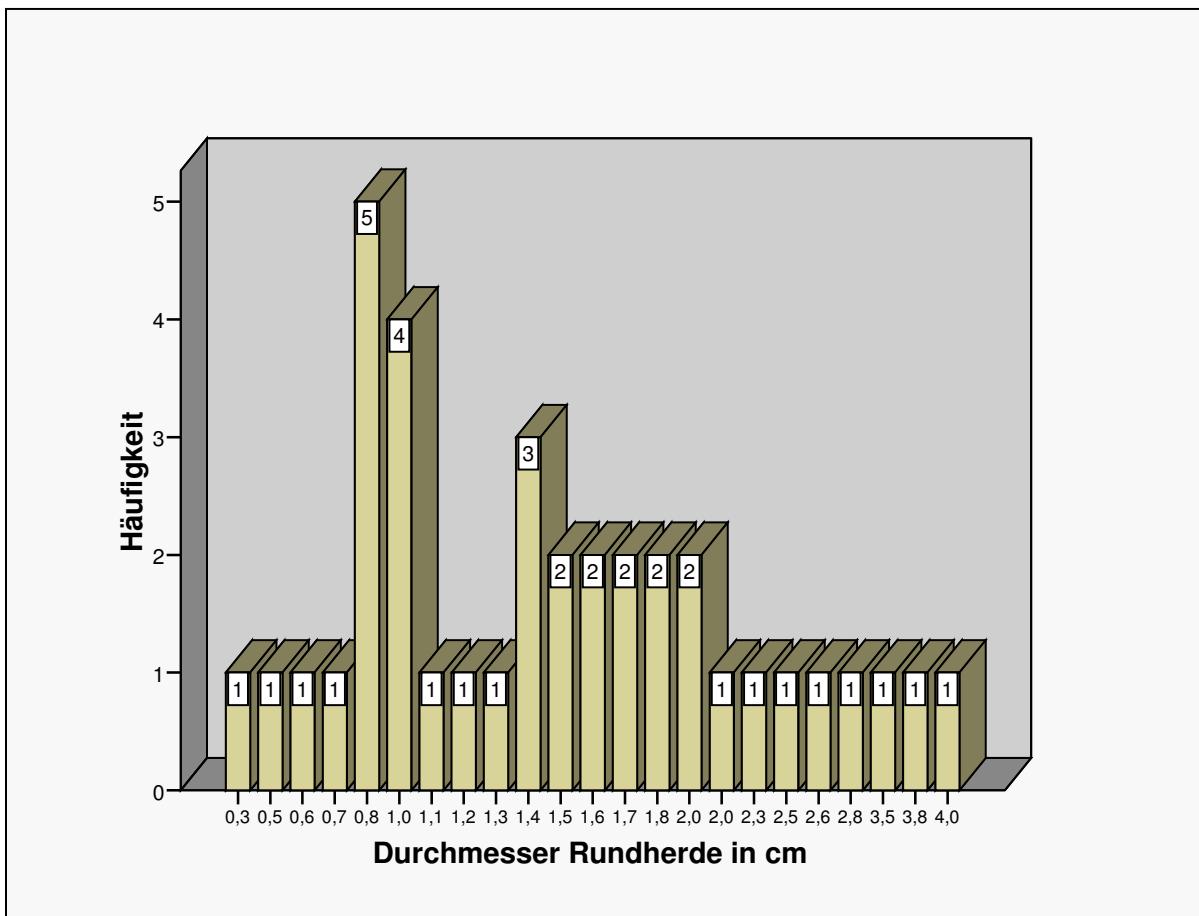


Abb. 3.2 Verteilung des Durchmessers der Rundherde (n = 37)

#### **3.3.2 Abstandsbestimmung Rundherd - Lungenoberfläche**

Die Abstandsbestimmung erfolgte bei 36 Patienten. In 3 Fällen lagen multiple Rundherde im gleichen Lungenlappen vor, sodass eine definitive Zuordnung nicht möglich war. Bei einer Patientin fanden sich pneumonische Infiltrate, die nicht klar von Rundherden abgrenzbar waren. In zwei Fällen war eine Ausmessung aus technischen Gründen nicht möglich. Der geringste gemessene Abstand zur Lungenoberfläche betrug 0 cm, der größte

Abstand 5 cm. Der Mittelwert betrug hierbei 0,91 cm (Standardabweichung: 0,96). Abbildung 3.3 zeigt die Verteilung der Distanz Rundherd – Oberfläche.

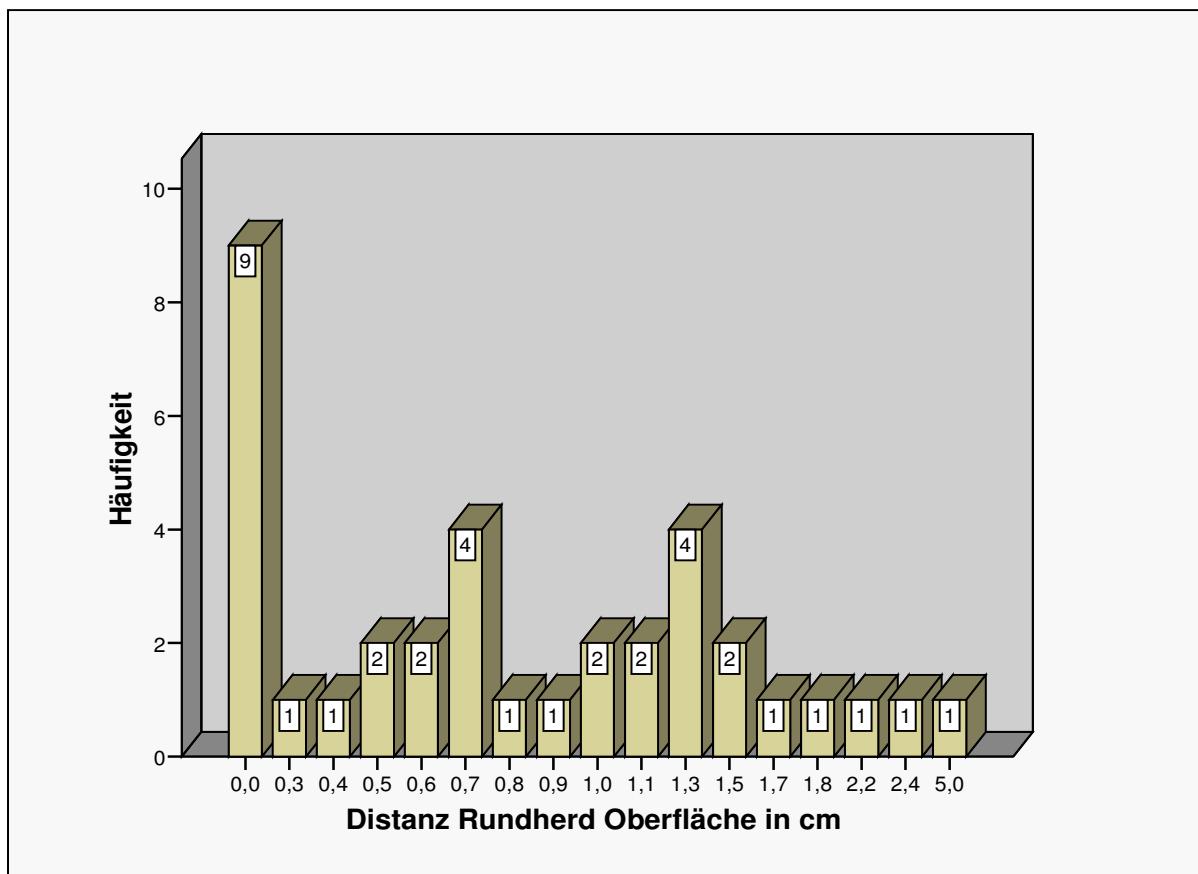


Abb. 3.3 Verteilung Distanz Rundherd – Oberfläche (n = 36)

Eine subpleurale Lage hatten dabei 9 Rundherde (21,4 %). Die restlichen pulmonalen Rundherde (75 %) lagen intraparenchymatös. Tabelle 3.1 zeigt die Ausmessungsergebnisse der Durchmesser der pulmonalen Rundherde sowie der Distanz Rundherd-Oberfläche.

Tab. 3.1 Ausmessung der Durchmesser der Rundherde, Distanz Rundherd – Oberfläche

	N	Min	Max	MW	SD
Durchmesser RH in cm	37	0,3	4,0	1,59	0,89
Distanz RH-OF in cm	36	0,0	5,0	0,91	0,96

### 3.4 Histologien der Rundherde

Die Histologien wurden jeweils durch das pathologische Institut des Klinikums befunden. Von den eingeschickten Proben der 42 Patienten waren 12 Metastasen (28,6 %). Ein Primärkarzinom lag 6-mal vor (14,3 %), benignes-entzündliches Geschehen 10-mal (23,8 %), benignes-nichtentzündliches Geschehen ebenfalls 10-mal (23,8 %). Bei einem

Patienten wurde auf die Entnahme von Histologiematerial verzichtet, da es zuvor zu intraoperativem Kammerflimmern gekommen war. In 3 Fällen erfolgte keine eindeutige Festlegung bezüglich der Histologie (7,1 %). In Abbildung 3.4 sind die prozentualen Anteile der histologischen Ergebnisse als Kreisdiagramm dargestellt.

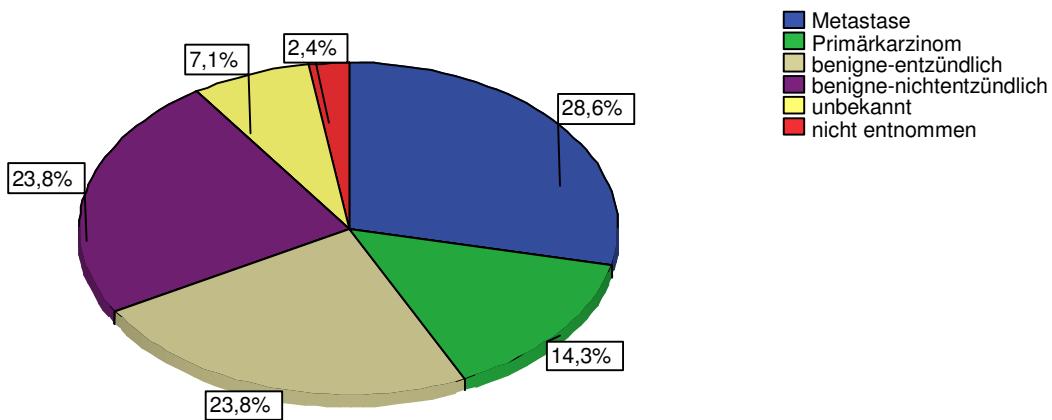


Abb. 3.4 Histologie der entnommenen Rundherde (n = 42)

### **3.5 Lokalisationsmethoden der pulmonalen Rundherde**

Bei allen 42 Patienten wurde zum Auffinden des pulmonalen Rundherdes das in Atelektase befindliche Lungenparenchym makroskopisch inspiziert, instrumentell palpirt sowie intraoperativ sonographiert. Sämtliche Patienten wurden primär thorakoskopisch operiert (VATS-Gruppe). Eine Konversion zur Thorakotomie ergab sich entweder nach Bestätigung eines primär malignen Schnellschnittergebnisses in 2 Fällen, nach Versagen aller Lokalisationsmöglichkeiten oder bei Unmöglichkeit der thorakoskopischen Resektion in 7 Fällen (16,7 %).

#### **3.5.1 Lokalisationsmethoden in der VATS-Gruppe (n = 42)**

Bei allen 42 Patienten wurde eine video-assistierte Thorakoskopie (VATS) angewandt. Von den 42 zu resezierenden pulmonalen Rundherden konnten 11 (26,2 %) bereits makroskopisch über eine Veränderung der Lungenoberfläche erkannt werden, 14 Fälle (33,3 %) konnten instrumentell palpirt werden. Sonographisch konnte in 34 Fällen (81 %) ein pulmonaler Rundherd über eine Veränderung der Echogenität des in Atelektase befindlichen Lungenparenchyms eindeutig nachgewiesen werden. In 4 Fällen war keine der genannten Methoden erfolgreich. In 3 Fällen erfolgte die Konversion, in einem Fall wurde die Operation aufgrund von Komplikationen (Kammerflimmern) vorzeitig abgebrochen.

Abbildung 3.5 gibt einen graphischen Überblick über die Erfolgsraten der drei unterschiedlichen in der Studie vorgestellten Lokalisationsmethoden.

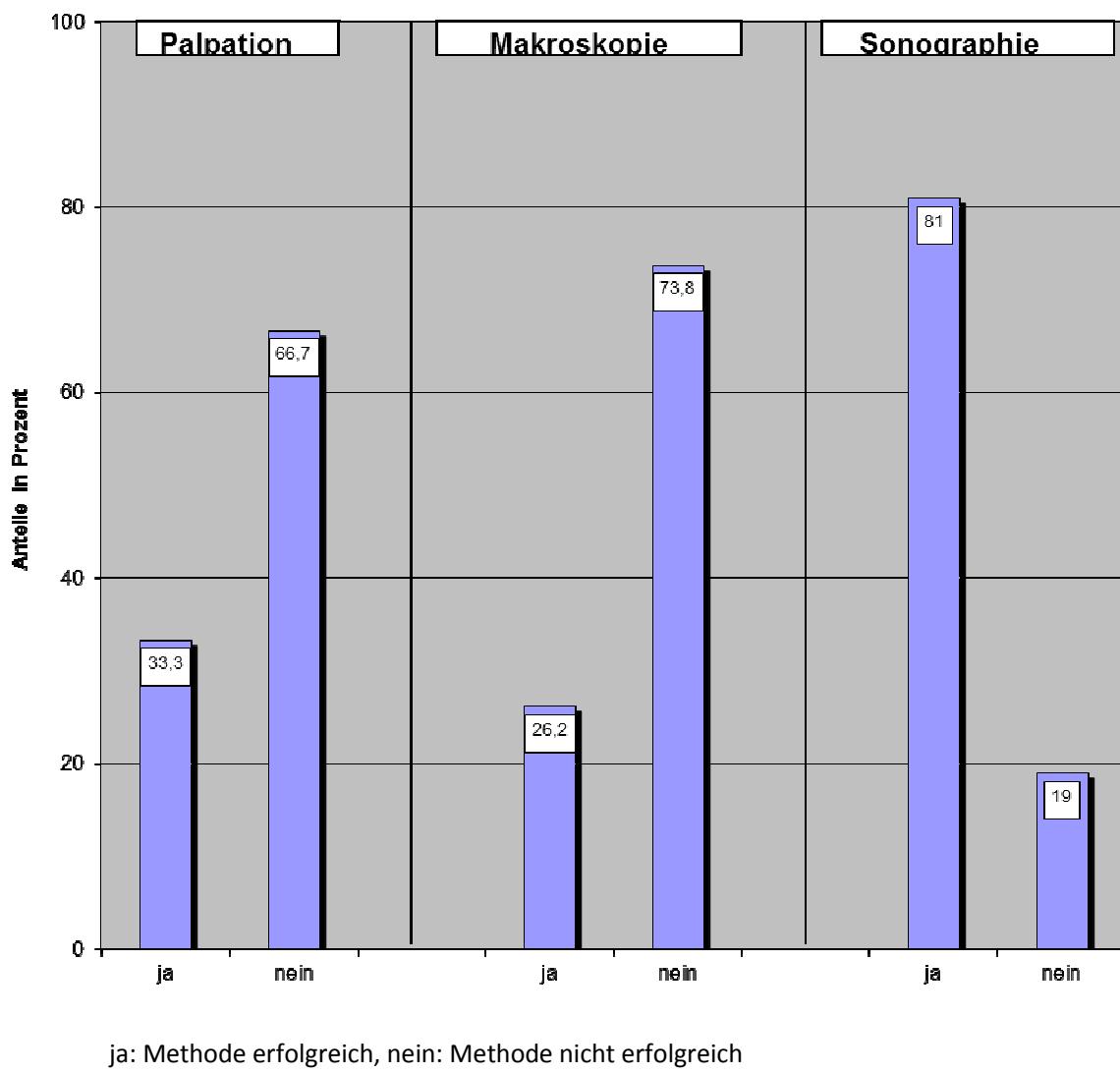


Abb. 3.5 Vergleich der einzelnen Lokalisationsmethoden

### **3.5.2 Beschreibung der makroskopisch sichtbaren Rundherde**

Von 42 pulmonalen Rundherden waren insgesamt 11 makroskopisch sichtbar (26,2 %). Davon lagen 4 direkt unter der Lungenoberfläche (36,4 %). Der Durchmesser betrug von 0,5 cm im Minimum bis 3,8 cm im Maximum (Mittelwert von  $n = 10$ : 1,98 cm, Standardabweichung: 0,97). Da bei einem Patienten multiple Rundherde im selben Lungenlappen auftraten, konnte bei diesem kein Rundherd ausgemessen werden. Der Abstand zwischen Rundherd und Lungenoberfläche betrug dabei in der präoperativen Computertomographie von 0,0 cm bis 1,3 cm (Mittelwert von  $n = 9$ : 0,44 cm, Standard-

abweichung: 0,51). Bei einer Patientin konnte hierbei der Abstand nicht ausgemessen werden, da ein Rundherd nicht klar abgrenzbar war.

Von allen makroskopisch sichtbaren Rundherden waren mit 45,5 % die Rundherde mit einer benignen-entzündlichen Genese am häufigsten vertreten, und mit 54,6 %

waren die meisten in den beiden Unterlappen gelegen. Alle makroskopisch sichtbaren Rundherde konnten auch sonographiert werden.

Eine Konversion zur Thorakotomie erfolgte nur in einem Fall. Hier war der Rundherd mit sämtlichen Methoden zu lokalisieren, allerdings aufgrund der Derbheit des Lungenparenchyms nicht zu fassen. Der Rundherd befand sich im Unterlappen rechts. Einen Überblick über die makroskopisch sichtbaren Rundherde geben die Tabellen 3.2 und 3.3.

Tab. 3.3 Beschreibung der makroskopisch sichtbaren Rundherde

	N	Min	Max	MW	SD
Durchmesser RH in cm	10	0,5	3,8	1,98	0,97
Distanz RH-OF in cm	9	0,0	1,3	0,44	0,51

Tab. 3.2 Distanz Rundherd-Lungenoberfläche der makroskopisch sichtbaren Rundherde

Distanz in cm		Häufigkeit	Prozent
Gültig	0,0	4	36,4
	0,3	1	9,1
	0,5	1	9,1
	0,8	1	9,1
	1,1	1	9,1
	1,3	1	9,1
	Gesamt	9	81,8
Fehlend	System	2	18,2
	Gesamt	11	100,0

### 3.5.3 Beschreibung der instrumentell palpierbaren Rundherde

Von 42 Rundherden waren insgesamt 14 instrumentell zu palpieren (33,3 %). Der Durchmesser betrug von 0,3 cm im Minimum bis 3,8 cm im Maximum (Mittelwert von n = 12: 1,39 cm, Standardabweichung: 0,85). Bei 2 Patienten konnte kein Rundherd ausgemessen werden, da multiple Rundherde im gleichen Lungenlappen vorlagen. Der Abstand vom Rundherd zur Lungenoberfläche betrug in dieser Gruppe von 0,0 cm bis 1,7 cm (Mittelwert von n = 12: 0,68 cm, Standardabweichung: 0,61). Der kleinste palpierbare Rundherd mit einem Durchmesser von 0,3 cm war benigner-nichtentzündlicher Genese und hatte einen Abstand zur Lungenoberfläche von 0,7 cm. 4 Rundherde lagen

direkt unter der Lungenoberfläche und ließen sich palpieren. Bezuglich der Histologie waren von allen instrumentell palpierbaren Rundherden solche mit benigner-nichtentzündlicher Genese und Metastasen bei maligner Vorgeschichte mit jeweils 28,6 % am häufigsten zu palpieren. Von den 14 palpierbaren Rundherden ließen sich zugleich 11 (78,6 %) intraoperativ sonographieren und waren zu 35,7 % im rechten Oberlappen, zu 28,6 % im rechten Unterlappen gelegen.

Die 3 nicht sonographierbaren Rundherde aus der Gruppe der palpierbaren Rundherde befanden sich alle im Unterlappen. In 3 Fällen lagen sie direkt unter der Lungenoberfläche. Histologisch ergab sich zweimal kein Anhalt für Malignität und einmal eine Metastase eines vorbeschriebenen Chorionkarzinoms. Zweimal musste für eine erfolgreiche Resektion thorakotomiert werden. Der Grund, weshalb sich diese Rundherde jeweils nicht sonographieren ließen, blieb unklar.

Von den 14 instrumentell palpierbaren Rundherden waren zugleich nur 3 Rundherde (21,4 %) makroskopisch sichtbar. Die Tabellen 3.4 und 3.5 zeigen die Beschreibung der instrumentell palpierbaren Rundherde.

Tab. 3.4 Beschreibung der instrumentell palpierbaren Rundherde

	N	Min	Max	MW	SD
Durchmesser RH in cm	12	0,3	3,8	1,39	0,85
Distanz RH-OF in cm	12	0,0	1,7	0,68	0,61

Tab. 3.5 Distanz Rundherd – Lungenoberfläche der instrumentell palpierbaren Rundherde

Distanz in cm		Häufigkeit	Prozent
Gültig	0,0	4	28,6
	0,5	1	7,1
	0,7	3	21,4
	1,1	1	7,1
	1,3	1	7,1
	1,5	1	7,1
	1,7	1	7,1
	Gesamt	12	85,7
Fehlend	System	2	14,3
Gesamt		14	100,0

### ***3.5.4 Beschreibung der Rundherde, bei denen alle Methoden positiv oder negativ waren***

Bei 3 Patienten konnten die interessierenden pulmonalen Rundherde mit sämtlichen Methoden lokalisiert werden. In diesen Fällen befanden sich alle pulmonalen Rundherde dicht unter der Lungenoberfläche. Bei einem Patient war jedoch keine genaue Zuordnung möglich, da hier multiple Rundherde im selben Lungenlappen vorlagen. Bei einem weiteren Patienten musste, obwohl alle drei Lokalisationsmethoden positiv waren, thorakotomiert werden, da der Herd nicht thorakoskopisch resektable war. Der Rundherd konnte aufgrund der Dernheit des Lungenparenchyms nicht gefasst werden. Bei 4 Patienten versagten sämtliche Lokalisationsmethoden. Einer befand sich im Oberlappen links und 3 im Unterlappen links. Für eine erfolgreiche Resektion wurde in 3 Fällen eine Konversion zur Thorakotomie durchgeführt. In einem Fall wurde die Operation aufgrund intraoperativer Komplikationen (Kammerflimmern) vorzeitig abgebrochen.

### ***3.5.5 Beschreibung der subpleural gelegenen pulmonalen Rundherde***

9 pulmonale Rundherde hatten in der präoperativ durchgeföhrten Computertomographie eine subpleurale Lage (Abstand Rundherd – Lungenoberfläche: 0 cm). Von diesen waren jeweils 3 Metastasen, 3 benigner-entzündlicher und 3 benigner-nichtentzündlicher Genese. Von den 9 Rundherden waren nur 4 makroskopisch sichtbar (44,4 %). Instrumentell palpieren ließen sich ebenfalls lediglich 4 Rundherde (44,4 %). 7 Rundherde wurden mittels Sonographie detektiert (77,8 %). Bei 2 Rundherden war weder die Sonographie erfolgreich, noch waren sie über eine Veränderung der Lungenoberfläche makroskopisch zu erkennen. Es konnten jedoch beide Rundherde instrumentell palpiert werden. (Größe der Rundherde 1,5 cm und 1,3 cm im Durchmesser). In einem Fall war eine Konversion zur Thorakotomie erforderlich.

### ***3.5.6 Beschreibung der sonographierbaren Rundherde***

Bei 34 der 42 Patienten konnten die Rundherde mittels Sonographie detektiert werden (81 %). Von den 34 Rundherden, welche mittels Sonographie detektiert wurden, konnten lediglich 10 (29,4 %) zugleich auch makroskopisch nachgewiesen werden. 11 Rundherde (32,4 %) waren gleichzeitig instrumentell palpierbar. Bei 3 Patienten war die Sonographie positiv, jedoch lagen multiple Rundherde vor, sodass keine Ausmessung vorgenommen werden konnte. Der Durchmesser der sonographisch detektierten Rundherde betrug 0,6 cm im Minimum bis 4,0 cm im Maximum (Mittelwert 1,63 cm). Die Distanz Rundherd –

Tab. 3.6 Zielführende Lokalisationsmethode

		Häufigkeit	Prozent
Gültig			
	nur Sonographie	16	38,1
	Sonographie + Palpation oder makroskopisch sichtbar	18	42,9
	nur Palpation oder makroskopisch sichtbar	4	9,5
	alle Methoden negativ	4	9,5
	Gesamt	42	100,0

Oberfläche betrug bei 31 sonographisch detektierbaren Rundherden im Mittel 0,86 cm. Insgesamt gesehen ( $n = 42$ ) führte dabei die Sonographie neben einer der etablierten Methoden in 18 Fällen (42,9 %) zu einer erfolgreichen Lokalisierung eines pulmonalen Rundherdes. In 16 Fällen (38,1 %) war die Sonographie die einzige positive Lokalisierungsmethode. Hierbei waren die

pulmonalen Rundherde in allen Lungenlappen gelegen, und es waren sämtliche Formen der histologischen Einteilung vertreten. In 8 Fällen (19,0 %) führten lediglich die etablierten Methoden (einschließlich manueller Palpation nach Thorakotomie) zu einer erfolgreichen Lokalisierung eines Rundherdes. Davon waren in 4 Fällen (9,5 %) Rundherde nur palpierbar oder makroskopisch sichtbar, in 4 weiteren Fällen (9,5 %) waren die Rundherde weder makroskopisch sichtbar noch zu palpieren oder sonographisch zu detektieren. Einen Überblick über die zielführende Lokalisationsmethode gibt Tabelle 3.6. Zur Beschreibung der sonographierbaren Rundherde siehe Tabelle 3.7.

Tab. 3.7 Beschreibung der sonographierbaren Rundherde

	N	Min	Max	MW	SD
Durchmesser RH in cm	31	0,6	4,0	1,63	0,92
Distanz RH-OF in cm	31	0,0	2,4	0,86	0,67

### 3.5.7 Verteilung der sonographierbaren Rundherde

21-mal wurde ein Rundherd sonographisch im Oberlappen detektiert, 11-mal im Unterlappen. Die restlichen beiden Rundherde befanden sich im Mittellappen. Abbildung 3.6 zeigt die Lokalisation der sonographierbaren Rundherde.

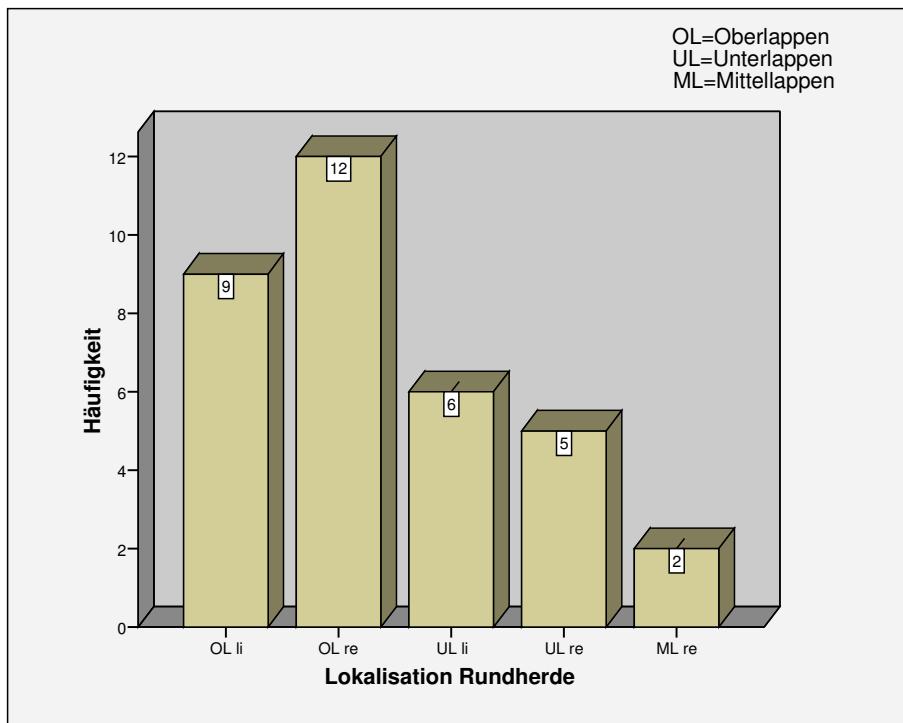


Abb. 3.6 Lokalisation der sonographierbaren Rundherde ( $n = 34$ )

### 3.5.8 Sonographierbare Rundherde in Bezug auf Durchmesser und Oberflächenabstand

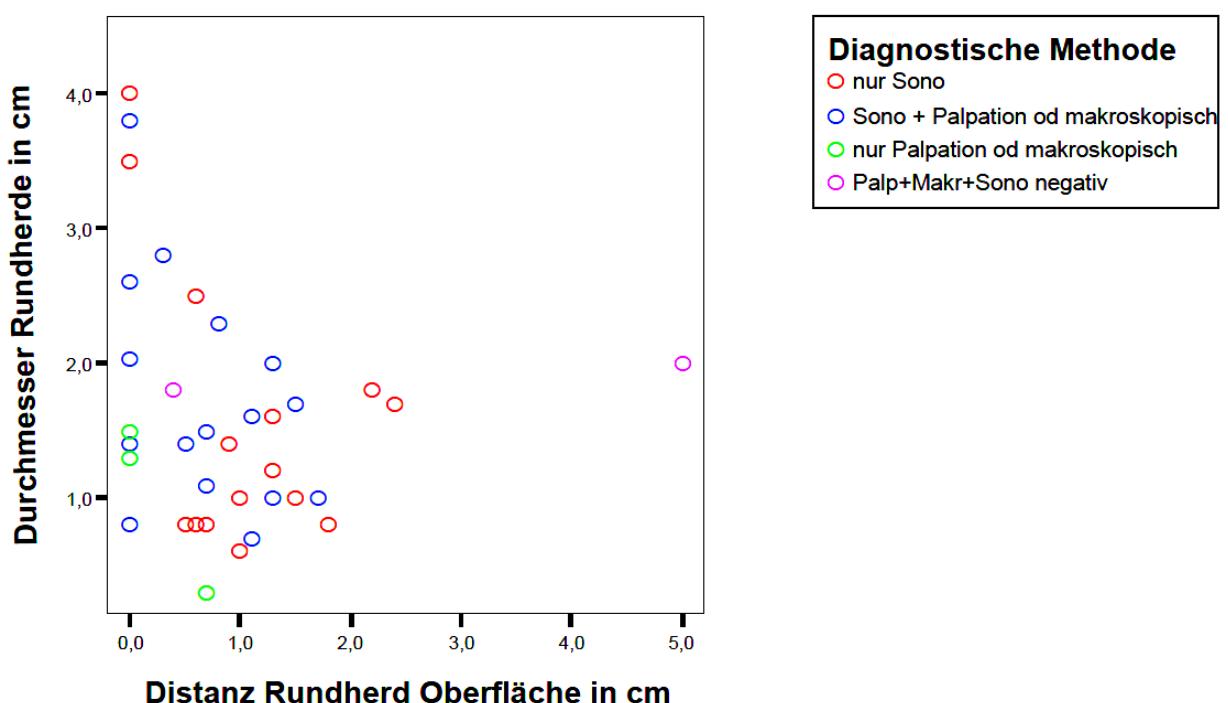


Abb. 3.7 Detektion Rundherd in Bezug auf Durchmesser und Distanz ( $n=36$ )

Abbildung 3.7 zeigt die Detektion der Rundherde in Bezug auf Durchmesser und Distanz zur Lungenoberfläche ( $n = 36$ ). Die sonographisch erfolgreiche Detektion war bis zu einem Rundherd-Oberflächenabstand bis 2,4 cm möglich. Ein Rundherd mit 5 cm Abstand zur Oberfläche konnte nicht sonographisch detektiert werden.

### ***3.5.9 Beschreibung nicht sonographierbarer Rundherde***

Insgesamt waren von 42 pulmonalen Rundherden 8 nicht sonographisch detektierbar (19,0 %). Von diesen 8 Rundherden waren 3 Rundherde instrumentell zu palpieren (37,5 %). Zur erfolgreichen Resektion der Rundherde wurde in 5 Fällen thorakotomiert (62,5 %).

Folgende Gründe führten in der vorliegenden Studie zu einer erfolglosen Sonographie:

- Rundherd besaß dieselbe Echogenität wie das umgebende Lungenparenchym ( $n = 2$ )
- Keine ausreichende Atelektase der Lunge erreichbar, schlechte Schallbedingungen ( $n = 1$ )
- Rundherd sehr hilusnah ( $n = 1$ )
- Intraoperative Komplikation ( $n = 1$ )
- Defekt des Sonographiegerätes ( $n = 1$ )
- Grund nicht näher definierbar oder nicht ersichtlich ( $n = 2$ )

Bei einer Patientin erwies sich das Ultraschallgerät intraoperativ als defekt. Der vorhandene pulmonale Rundherd konnte makroskopisch lokalisiert werden. Eine eindeutige Zuordnung zur Histologie konnte jedoch nicht erfolgen. Bei einem Patienten trat intraoperativ Kammerflimmern auf, weshalb auf die Fortsetzung der Operation verzichtet wurde; in diesem Fall wurde keine Histologie entnommen. Ein direkt unter der Oberfläche liegender Rundherd ließ sich sonographisch nicht identifizieren, da er dieselbe Echogenität wie das umgebende Lungenparenchym besaß (dies wurde im Nachhinein am entnommenen Präparat sonographisch verifiziert). Hier war jedoch die Palpation erfolgreich. Der Rundherd befand sich im Unterlappen. Histologisch gesehen handelte es sich um eine Metastase bei vorbekanntem Chorionkarzinom. Von den 8 nicht mittels Sonographie zu identifizierenden Rundherden war der kleinste im Durchmesser 0,3 cm und der größte 2,0 cm ( $n = 6$ ; Mittelwert 1,23 cm). Zweimal war eine Ausmessung aus technischen Gründen nicht möglich. Die Distanz Rundherd – Oberfläche konnte nur bei 5 Rundherden ermittelt werden, da sich in einem weiteren Fall pneumonische Infiltrate zeigten. Sie betrug von 0 cm bis 5 cm (Mittelwert = 1,22 cm). Von den nicht mittels Sonographie zu identifizierenden

pulmonalen Rundherden befand sich einer im linken Oberlappen, die restlichen 7 Rundherde in den beiden Unterlappen. Histologisch handelte es sich hierbei um 2 Metastasen, 2 benigne-nichtentzündliche Geschehen und ein benigne-entzündliches Geschehen. In 2 Fällen erfolgte keine Festlegung auf eine definitive Histologie. In einem Fall wurde kein Material entnommen.

### **3.6 Konversionsrate**

Insgesamt musste von 42 Patienten bei 7 Patienten (16,7 %) eine Umstellung zur Thorakotomie erfolgen. Die Konversion zur Thorakotomie war in 3 Fällen ( $n = 3$ ) durch eine vorher erfolglose Lokalisierung des pulmonalen Rundherdes bedingt, in 4 Fällen ( $n = 4$ ) durch eine erfolgreiche thorakoskopische Lokalisation bei Unmöglichkeit der thorakoskopischen Resektion.

In 2 Fällen erfolgte die Thorakotomie nach erfolgreicher atypischer Resektion und Bestätigung der malignen Histologie im Sinne eines primären Lungenkarzinoms im Schnellschnitt. In einem Fall veranlasste das sonographische Bild des pulmonalen Rundherdes zur Umstellung auf Thorakotomie, da sich der Tumor direkt auf einer Gabel zwischen zwei Pulmonalarterienästen befand. In 5 der 7 Fälle lag der Rundherd in den Unterlappen.

### **3.7 Sonographieergebnisse in Abhängigkeit der Histologie (n = 42)**

Zur Beurteilung der sonographischen Darstellbarkeit der sich in der Histologie unterscheidenden pulmonalen Rundherde wurden diese jeweils miteinander verglichen: Tab. 3.8 zeigt die Ergebnisse in einer Kreuztabelle.

Tab. 3.8 Histologie der Rundherde \* Rundherde im Sono erkennbar

		Rundherde im Sono erkennbar		Gesamt
		ja	nein	
Histologie des Rundherdes	Metastase	10	2	12
	Primärkarzinom	6	0	6
	benigne-entzündlich	9	1	10
	benigne-nichtentzündlich	8	2	10
	unbekannt	1	2	3
	nicht entnommen	0	1	1
	Gesamt	34	8	42

Von 10 Rundherden mit benigner-entzündlicher Histologie konnten 9 (90 %) mittels Sonographie detektiert werden. Alle 6 Rundherde, welche ein Primärkarzinom darstellten, wurden sonographisch detektiert (100 %). Bei metastasierendem Geschehen konnten insgesamt 10 Rundherde (83,3 %) sonographisch detektiert werden. In 2 Fällen zeigte hier die Sonographie kein eindeutiges Ergebnis. Von 10 Rundherden mit benigner-nichtentzündlicher Genese wurden 8 (80 %) mittels Sonographie detektiert.

### **3.8 Sonomorphologie der Rundherde in Korrelation mit der Histopathologie (n = 21)**

Bei 21 Patienten der VATS-Gruppe wurde die Sonomorphologie des jeweiligen histologischen Substrates videodokumentiert. In einem Fall erfolgte hierbei keine definitive Zuordnung seitens der Pathologie. Insgesamt lagen 6 Rundherde (28,6 %) im linken Oberlappen, 7 (33,3 %) im rechten Oberlappen, 6-mal (28,6 %) wurde im linken, einmal (4,8 %) im rechten Unterlappen und einmal (4,8 %) im Mittellappen sonographiert. Am häufigsten mit 38,1 % lag hierbei ein benigne-entzündliches Geschehen vor, gefolgt von Metastasierung in 33,3 %. In 3 Fällen (14,3 %) lag ein Primärkarzinom vor, sowie in 2 Fällen (9,5 %) ein benigne-nichtentzündliches Geschehen. Sonomorphologisch wurden die Echo-

genität und Homogenität sowie die Regelmäßigkeit des Randsaumes und die dorsale Schallverstärkung/-abschwächung beurteilt.

### 3.8.1 Metastasen

Insgesamt lag 7-mal (33,3 %) ein metastatisches Geschehen vor. Hierbei handelte es sich in 3 Fällen um Metastasen eines Bronchialkarzinoms, in 2 Fällen um Metastasen eines Nierenzellkarzinoms, in einem Fall um Metastasen eines Chondrosarkoms und in einem Fall um eine Metastase eines vorbeschriebenen Mammakarzinoms. In 6 Fällen (85,7 %) lag ein echoarmes Korrelat vor, lediglich in einem Fall ein isoechogenes. Ein homogenes Erscheinungsbild im Ultraschall zeigte sich in 5 Fällen (71,4 %). Unregelmäßiger Randsaum lag in allen Fällen vor (100 %), eine dorsale Schallverstärkung in 5 Fällen (71,4 %). Abbildung 3.8 zeigt ein Beispiel für ein sonographisches Bild einer Metastase eines Adenokarzinoms des linken Oberlappens. Abbildung 3.9 gibt einen Überblick über die Sonomorphologie bei Metastasierung.



Abb. 3.8 Metastase eines Adenokarzinoms des linken Oberlappens im rechten Oberlappen mit unregelmäßigem Randsaum

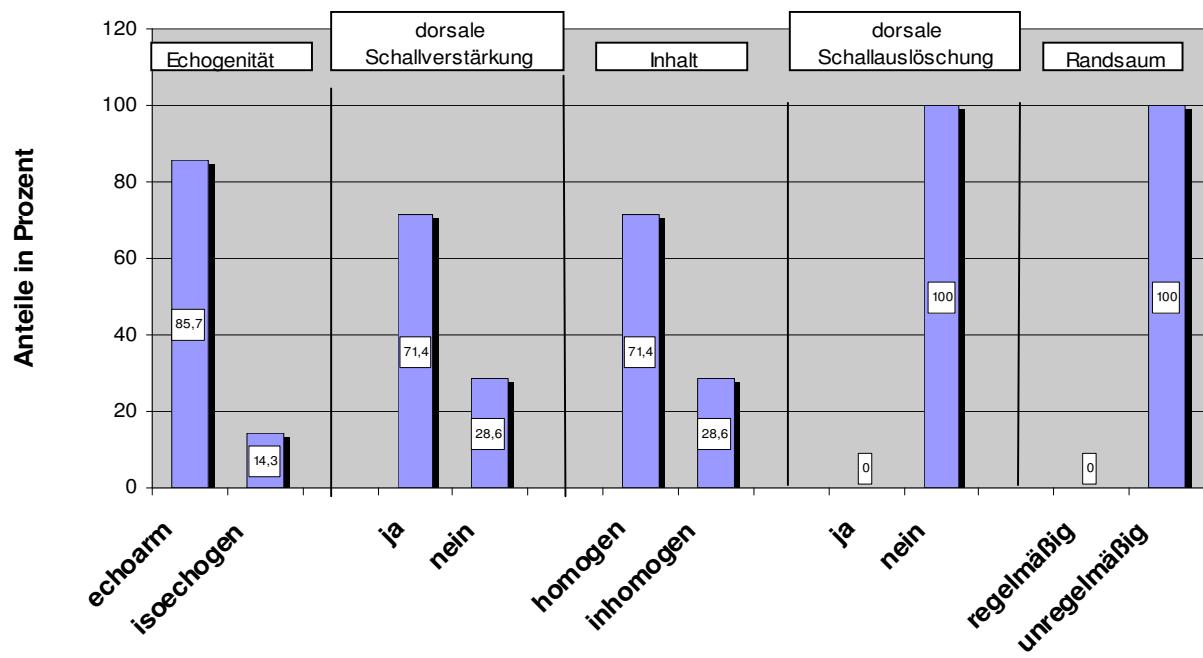


Abb. 3.9 Sonomorphologie bei Metastasierung

### 3.8.2 Benigne-entzündliche Pathologie

Mit 8 Fällen (38,1 %) waren benigne-entzündliche Histopathologien in der Videodokumentationsgruppe am häufigsten vertreten. Hierbei zeigten sich in 2 Fällen eine Aspergillose, in ebenfalls 2 Fällen eine karnifizierende Pneumonie, in einem Fall eine Sarkoidose, in einem Fall eine Vaskulitis sowie in 2 Fällen eine unspezifische Entzündungsreaktion, deren Genese unklar blieb. In 6 Fällen (75 %) zeigte sich hierbei ein echoarmes Korrelat, in einem Fall (12,5 %) ein echoreiches (karnifizierende Pneumonie). Eine isoechoe Sonomorphologie bestand ebenfalls in einem Fall (12,5 %) (resorptiv-histiozytäre Entzündungsreaktion).

Der Inhalt der verdächtigen Struktur erwies sich in 4 Fällen (50 %) als homogen, in den restlichen 4 Fällen als inhomogen. Der Randsaum war in 3 Fällen regelmäßig (37,5 %), allerdings in 5 Fällen (62,5 %) unregelmäßig. Eine dorsale Schallverstärkung lag in 5 Fällen vor (62,5 %). Tabelle 3.9 gibt einen Überblick über die Sonomorphologie bei benigne-entzündlicher Histopathologie.

Tab. 3.9 Sonomorphologie bei benigne-entzündlicher Histopathologie

Histologie	Echogenität	Randsaum	Inhalt	Dorsale Schallauslöschung	Dorsale Schallverstärkung
Resorptiv-histiozytäre Entzündungsreaktion	isoechogen	unregelmäßig	inhomogen	nein	nein
Sarkoidose	echoarm	unregelmäßig	homogen	ja	nein
Aspergillose	echoarm	unregelmäßig	inhomogen	nein	ja
Entzündungsreaktion unklarer Genese	echoarm	regelmäßig	homogen	nein	ja
Aspergillose	echoarm	regelmäßig	homogen	nein	ja
Karnifizierende Pneumonie	echoreich	unregelmäßig	inhomogen	nein	nein
Karnifizierende Pneumonie	echoarm	unregelmäßig	inhomogen	nein	ja
Vaskulitis	echoarm	regelmäßig	homogen	nein	ja
Insgesamt	8	8	8	8	8

### 3.8.3 Primäres Lungenkarzinom

Von den 21 Patienten, bei denen eine Videodokumentation durchgeführt wurde, lag bei 3 Patienten ein Primärkarzinom der Lunge vor. Hiervon bestätigten sich histologisch 2 Adenokarzinome sowie ein bronchoalveoläres Karzinom. Bezüglich der Echogenität waren 2 Läsionen echoarm und eine echoreich. Der Inhalt zeigte sich in 2 Fällen homogen, in einem Fall inhomogen. Ein unregelmäßiger Randsaum lag in allen 3 Fällen vor (100%). Eine dorsale Schallverstärkung wurde in 2 Fällen nachgewiesen (66,7%). Eine Übersicht über die Sonomorphologie gibt Tabelle 3.10.

Tab. 3.10 Sonomorphologie bei Primärem Lungenkarzinom

Histologie	Echogenität	Randsaum	Dorsale Schallauslöschung	Dorsale Schallverstärkung	Inhalt
Adenokarzinom	echoarm	unregelmäßig	nein	ja	homogen
Adenokarzinom	echoreich	unregelmäßig	nein	nein	inhomogen
Bronchoalveoläres Karzinom	echoarm	unregelmäßig	nein	ja	homogen
Insgesamt	N 3	3	3	3	3

### 3.8.4 Benigne-nichtentzündliche Pathologie

Bei 2 Patienten mit Videodokumentation lag benigne-nichtentzündliches Geschehen vor. In einem Fall fanden sich histologisch Bronchiektasien, im anderen Fall bestätigte sich ein zystisches Hamartom. Die verdächtigen Läsionen zeigten sich in beiden Fällen echoarm und regelmäßig mit dorsaler Schallverstärkung. Hinsichtlich des Inhaltes zeigte sich die eine homogen, die andere inhomogen.

## 3.9 Histologische Ergebnisse in Abhängigkeit zu Vorerkrankungen

### 3.9.1 Histologische Ergebnisse bei maligner Vorerkrankung der Patienten

Bei insgesamt 25 der 42 Patienten bestand eine maligne Vorerkrankung. Hiervon bestätigte sich nach histologischer Sicherung der Resektate in 12 Fällen ein metastatisches Geschehen (48 %). In einem Fall wurde ein Adenokarzinom des rechten Oberlappens erstdiagnostiziert bei dringendem Verdacht auf ein gleichzeitig bestehendes Nierenzellkarzinom, ohne dass dieses jedoch bestätigt werden konnte. Bei 5 Patienten mit maligner Vorerkrankung wurde ein benigne-entzündliches Geschehen diagnostiziert (20 %), bei 3 Patienten ein benigne-nichtentzündliches Geschehen (12 %). In weiteren 3 Fällen konnte die Histologie trotz maligner Vorerkrankung nicht genau festgelegt werden (12 %). In einem Fall wurde keine Histologie entnommen. Tabelle 3.11 zeigt die Häufigkeiten der Histologien des Rundherdes bei maligner Vorerkrankung.

Tab. 3.11 Histologie des Rundherdes bei maligner Vorerkrankung

		Häufigkeit	Prozent
Gültig			
	Metastase	12	48,0
	Primärkarzinom	1	4,0
	benigne-entzündlich	5	20,0
	benigne-nichtentzündlich	3	12,0
	unbekannt	3	12,0
	nicht entnommen	1	4,0
	Gesamt	25	100,0

### 3.9.2 *Histologische Ergebnisse bei Patienten ohne maligne Vorerkrankung*

Bei 17 Patienten wurde eine atypische Resektion mittels VATS durchgeführt, ohne dass eine maligne Vorerkrankung bekannt gewesen wäre. Hiervon wurde in 5 Fällen ein Primärkarzinom der Lunge diagnostiziert (29,4 %), in keinem Fall eine Metastase. In 5 Fällen zeigte sich eine benigne-entzündliche Histologie (29,4 %), in 7 Fällen eine benigne-nichtentzündliche Histologie (41,2 %). Bei dem Patienten, bei dem es intraoperativ zu Komplikationen gekommen war, wurde keine Histologie entnommen. Tabelle 3.12 gibt einen Überblick über die Häufigkeiten der Histologien des Rundherdes ohne Malignom in der Vorgeschichte.

Tab. 3.12 Histologie des Rundherdes ohne maligne Vorerkrankung

		Häufigkeit	Prozent
Gültig			
	Primärkarzinom	5	29,4
	benigne-entzündlich	5	29,4
	benigne-nichtentzündlich	7	41,2
	Gesamt	17	100,0

## Kapitel 4: Diskussion

### 4.1 *VATS und intraoperative Sonographie als Methoden*

Zur Abklärung eines jeden neu aufgetretenen, unklaren pulmonalen Rundherdes gehört die Klärung der Histologie [1]. Um ein eindeutiges Ergebnis zu bekommen, ist es unumgänglich, eine Gewebeprobe davon zu erhalten [17]. Dafür gibt es unterschiedliche Methoden, die alle das gleiche Problem haben: je kleiner ein Rundherd, desto schwieriger ist die Lokalisation [39]. Die VATS hat den Vorteil, sicher eine aussagekräftige Gewebeprobe zu erhalten und gegebenenfalls den Krankheitsherd dadurch bereits im Gesunden entfernt zu haben, ohne gleichzeitig Tumorzellen zu streuen. In vielen Fällen kann also neben der Diagnosesicherung gleichzeitig die Therapie durchgeführt werden [16]. Die Wertigkeit der Intervention wird umso ersichtlicher, führt man sich vor Augen, dass als Alternativmethode die Bronchoskopie mit transbronchialer Biopsie zur Histologiegewinnung eine niedrige Sensitivität hat und die CT-gesteuerte Feinnadelaspirationsbiopsie stark von der Tumorgroße und der Erfahrung des Untersuchers abhängig ist [41]. Die Schwierigkeit der intraoperativen Lokalisierung eines pulmonalen Rundherdes ergibt sich aus der notwendigen Deflation der Lunge, durch die es zu einer veränderten intraoperativen Lage des Rundherdes im Vergleich zur präoperativ durchgeföhrten Computertomographie kommt [42]. Aus diesem Grund sind für die intraoperative Lokalisation der pulmonalen Rundherde neben der herkömmlichen instrumentellen Palpation in der Vergangenheit verschiedene Methoden entwickelt worden [25, 26, 43-45]. Alle diese Methoden leben von einer mehr oder weniger invasiven Zweizeitigkeit. Erst muss der Herd bildgebend dargestellt und markiert werden, und dann muss intraoperativ die Markierung wiedergefunden werden. Die intraoperative Sonographie ist eine einzeitige Methode, die keiner vorherigen Markierung der Rundherde bedarf und sich in der vorliegenden wie auch schon in anderen Studien als eine vorteilhafte Methode erwiesen hat [29-31, 46-50]. Yamamoto et al. sehen unter anderem die fehlende computertomographische Markierung, welche in der Regel zusätzliche Zeit und Personal erfordert, sowie das verminderde Komplikationsrisiko als Vorteil an. In den Händen eines erfahrenen Untersuchers wird die intraoperative Sonographie die Dauer der Operation nicht wesentlich verlängern. [31]

Zu den Vorteilen der intraoperativen Sonographie gegenüber anderen invasiven radiologischen Lokalisierungsmethoden zählt zudem die nicht vorhandene Strahlungsbelastung,

welche zum Beispiel bei Computertomographie-gesteuerter Draht-Markierung oder bei radioaktiven Markern auftritt. Komplikationen wie Pneumothorax, pulmonale Hämorrhagien oder Dislokationen der präoperativen Markierung können bei diesen Verfahren zusätzlich auftreten [51]. In einem Fall wird von einer massiven Luftembolie während der Platzierung eines Hakendrahtes zur Lokalisation zweier Rundherde berichtet [52].

Die intraoperative Sonographie stellt eine kostengünstige und mit entsprechender Erfahrung des Anwenders einfach durchzuführende Methode dar, welche zudem beliebig wiederholbar ist. Mit der Sonomorphologie im Ultraschallbild bekommt man eine Vorstellung von den strukturellen Charakteristika der suspekten Läsion, und man hat darüber hinaus die Möglichkeit, die Randbereiche einzuschätzen [24, 48, 53, 54]. Allerdings zeigen in der vorliegenden Studie die verschiedenen histologischen Entitäten in der Sonomorphologie ein ebenso heterogenes Bild wie in anderen Bereichen der Sonographie auch. Eine pathognomonische Zuordnung einer Sonomorphologie zu einer histomorphologischen Gruppe ist dadurch nicht möglich.

Zu den Vorteilen zählt, dass der Operateur während und nach atypischer Resektion das Resektat erneut sonographieren kann, um sich von der im Resektat befindlichen Lage des Rundherdes zu überzeugen. Daraus ergibt sich eine wertvolle Hilfestellung für die erfolgreiche Resektion des verdächtigen Zielgebietes [54]. Dies ist auch im Hinblick auf maligne Befunde wichtig, die möglichst im Gesunden mit einem Sicherheitsabstand zu resezieren sind, was mit der Sonographie hervorragend zu kontrollieren ist.

Allerdings sind für die erfolgreiche Anwendung der intraoperativen Sonographie auch einige Voraussetzungen zu erfüllen: Es ist unabdingbar, dass die Lunge sich zum Zeitpunkt der Durchführung in Atelektase befindet. Dies kann bei einigen Erkrankungen, welche sich auf das Lungengerüst beziehen, einen Hinderungsgrund darstellen (zum Beispiel COPD [46]). In der vorliegenden Studie musste lediglich in einem Fall bis zur Beurteilung des Sonographie-Bildes ein prolongierter Zeitraum abgewartet werden, um atelektatische Bedingungen vorzufinden. Residuelle Luft kann das Ultraschallbild verändern, sodass eine eindeutige Beurteilung erschwert wird [24]. Die Durchführung ist zusätzlich stark von der Erfahrung des Anwenders abhängig [28, 55].

Im Gegensatz zur instrumentellen Palpation mittels Lungenfasszange oder Taststab ist die intraoperative Sonographie eine technische Lokalisationsmethode. Komplizierte Technik birgt stets die Gefahr von Störungen. In einem Fall der Studie war das Sonographiegerät

defekt. Zudem können unter Umständen Erkrankungen des Lungengewebes (z. B. Silikose) Rundherde vortäuschen, die sonomorphologisch nicht von anderen Rundherden unterschieden werden können, obwohl sie Computertomographie-morphologisch klar unterscheidbar sind. Hier ist noch eine Lernkurve zu bewältigen.

## ***4.2 Histopathologien in Abhängigkeit der Vorerkrankung***

Bei 25 Patienten der vorliegenden Studie bestand zum Zeitpunkt der Operation bereits eine maligne Vorerkrankung. Dementsprechend war in dieser Gruppe „Metastase“ mit 48 % die häufigste entnommene Histopathologie. Allerdings ist nicht jeder im CT neu aufgetretene Rundherd bei maligner Vorerkrankung gleichzusetzen mit Metastasierung [17]. In der vorliegenden Studie hatten immerhin 32 % der pulmonalen Rundherde bei Patienten mit maligner Vorerkrankung eine benigne Genese. In einem Fall bestand der dringende Verdacht auf ein Zweitkarzinom. Daraus ergibt sich die Bedeutung der histologischen Diagnose eines pulmonalen Rundherdes, da sich hieraus unterschiedliche Therapieansätze ergeben können.

In der Gruppe der Patienten ohne maligne Vorerkrankung, welche 17 Patienten umfasste, wurde in 7 Fällen eine benigne-nichtentzündliche Histopathologie reseziert, in 5 Fällen benigne-entzündliches Gewebe. In 5 Fällen (29,4 %) wurde jedoch ein Primärkarzinom diagnostiziert. Auch dies unterstützt die These, dass jeder unklare Rundherd histologisch abzuklären ist [1], um entsprechende weitere diagnostische und therapeutische Ansätze planen zu können.

## ***4.3 Diskussion der Ergebnisse***

Die vorliegende Studie zeigt einen eindeutigen Vorteil der intraoperativen Sonographie gegenüber etablierten Lokalisationsmethoden von Rundherden wie instrumentelle Palpation oder makroskopische Sichtbarkeit während VATS. 81 % der resezierten pulmonalen Rundherde konnten mittels intraoperativer Sonographie detektiert werden. Hingegen wurden palpatorisch instrumentell nur 33,3 % und makroskopisch 26,2 % der pulmonalen Rundherde lokalisiert. In 38,1 % führte die intraoperative Sonographie als einzige weiterführende Lokalisationsmethode der pulmonalen Rundherde zu einer erfolgreichen Resektion.

Für die primär zutreffende Lokalisationsmethode scheint dabei auf den ersten Blick die Lage des Rundherdes im Lungenparenchym eine entscheidende Rolle zu spielen. Makroskopisch sichtbar waren eher subpleural gelegene Rundherde, entsprechend einem mittleren Rundherd-Oberflächenabstand bis 0,44 cm. Palpatorisch detektierbare Rundherde hatten einen mittleren Rundherd-Oberflächenabstand von 0,68 cm. Sonographieren ließen sich Rundherde bis zu einem mittleren Rundherd-Oberflächenabstand von 0,86 cm. Dies suggeriert zwar eine Überlegenheit der Sonographie bezüglich des Rundherd-Oberflächenabstandes, allerdings hängt der Erfolg der Sonographie von weiteren Faktoren ab: Zum einen spielt dabei die Sonomorphologie des Rundherdes eine Rolle. Zwei Rundherde, die direkt unter der Oberfläche lagen, wurden aufgrund ihrer Echogenität, die sich nicht vom umgebenden Lungenparenchym unterschied, nicht als solche erkannt, ließen sich allerdings palpieren. Dieses Phänomen wurde schon in früheren Studien beschrieben [3]. Eine weitere Einflussgröße während der intraoperativen Sonographie ist der Rundherddurchmesser: Der kleinste sonographierbare Rundherd hatte einen Durchmesser von 0,6 cm, wohingegen der kleinste palpierbare Rundherd einen Durchmesser von 0,3 cm besaß. Dies zeigt eine gute Ergänzung der einzelnen Lokalisationsmethoden untereinander, aber auch die unterschiedliche Sensitivität der Methoden. Besitzt ein zu resezierender Rundherd einen geringeren Durchmesser, oder liegt er sehr nahe an der Pleuraoberfläche, sind Methoden wie z. B. die präoperative Markierung zu erwägen [56], jedoch um den Preis einer zusätzlichen Invasivität. Wie die meisten anderen Lokalisationsmethoden erfährt auch die Sonographie ihre Grenzen bezüglich des Rundherdabstandes zur Lungenoberfläche. In der vorliegenden Studie konnte ein 2 cm großer pulmonaler Rundherd mit 5 cm Abstand zur Oberfläche nicht mehr sonographisch lokalisiert werden. Hingegen war ein Rundherd von 1,7 cm Durchmesser und 2,4 cm Abstand zur Oberfläche zu sonographieren.

Eine klare Korrelation zwischen Größe und Abstand zur Oberfläche in Bezug auf die sonographische Detektabilität konnte in dieser Untersuchung jedoch auch aufgrund der unterschiedlichen Sonomorphologien nicht gezeigt werden. Für eine derartige Beziehung ist die Fallzahl in den Subgruppen sonomorphologisch gleicher Herde zu klein. Die sonographische Detektabilität ist dabei unter anderem auch von der verwendeten Ultraschallfrequenz abhängig. Frequenzen im niedrigeren MHz-Bereich besitzen eine größere Eindringtiefe, allerdings geht dies auf Kosten der Auflösung des entstehenden Bildes. Noch 1998 stellte die intraoperative Sonographie für Lesser et al. noch keine wesentliche Hilfe bei der Rundherdlokalisation dar und konnte den manuellen Palpations-

verlust während VATS nicht adäquat ersetzen [3]. Durch verbesserte Technik und zunehmende Erfahrung der Untersucher werden in Zukunft sicherlich bessere Erfolgsquoten möglich sein. Dabei konnten in früheren Studien unter Verwendung von Ultraschallsonden mit niedrigeren MHz-Frequenzen tiefer gelegene Rundherde sonographiert werden, als es in der vorliegenden Studie der Fall war [30]. In unserer Studie wurde ausschließlich ein 10-MHz-Schallkopf verwendet. Dies ist für die Gewebedicke einer atelektatischen Lunge nach unserer Meinung ausreichend und ermöglicht darüber hinaus eine deutlich bessere Auflösung des Gewebes und somit eine höhere Sensitivität. Insgesamt führte die intraoperative Sonographie zusammen mit einer der etablierten Methoden in 42,9 % zu einer erfolgreichen Lokalisierung, bei Kombination aller 3 Lokalisationsmethoden konnte eine erfolgreiche Lokalisation in 90,5 % der Fälle durchgeführt werden. In 38,1 % war sie jedoch die einzige positive Lokalisierungsmethode und trägt somit möglicherweise in denjenigen Fällen zu einer Reduzierung der Konversionsrate bei, bei denen die etablierten Methoden versagen. Damit wird ein Verfahrenswechsel zur Thorakotomie aufgrund mangelnder Lokalisierbarkeit eines Rundherdes nur noch bei jedem zehnten Patienten erforderlich. Diese Zahl lässt sich mit zunehmender Erfahrung sicherlich noch senken.

33,3 % der pulmonalen Rundherde waren instrumentell zu palpieren. Dabei betrug der kleinste Rundherddurchmesser nur 0,3 cm und der größte Rundherd-Oberflächenabstand 1,7 cm. Die instrumentelle Palpation stellt damit nach wie vor eine sehr sensitive und präzise Lokalisationsmöglichkeit dar [39], auf welche man auch in Zukunft nicht verzichten kann, zumal sie eine rein mechanische Methode darstellt und somit kaum störanfällig ist. 78,6 % der instrumentell palpierbaren Rundherde ließen sich aber ebenfalls sonographieren. Somit kann die intraoperative Sonographie wertvolle Informationen zur Lagebeziehung suspekter Tastbefunde liefern und lokalisiert einen hohen Prozentsatz der gleichzeitig palpierbaren Rundherde.

26,2 % der pulmonalen Rundherde waren makroskopisch aufgrund von Veränderungen auf der Lungenoberfläche sichtbar. Nur 4 davon lagen direkt subpleural. Bis zu einem Rundherd-Oberflächenabstand von 1,3 cm in der präoperativ durchgeführten Computertomographie des Thorax konnte ein Rundherd intraoperativ gesichtet werden. Der kleinste hatte einen Rundherddurchmesser von 0,5 cm. Hierbei zeigt sich die Wichtigkeit der in Atelektase versetzten Lunge. Erst bei weit vorangeschrittener Deflation der Lunge ist es möglich, kleine sowie auch intraparenchymal gelegene Rundherde zu visualisieren. Makroskopisch sichtbare Rundherde konnten in 90,9 % der Fälle sonographiert werden.

Die intraoperative Sonographie kann dabei wertvolle Unterstützung für den Operateur bei der Entscheidung liefern, ob eine verdächtige Läsion ein Artefakt oder ein tatsächlicher Rundherd ist. Operationszeit kann somit eingespart werden. Die oben angeführten Ergebnisse sollen die Tatsache verdeutlichen, dass jede der genannten Lokalisationsmethoden Besonderheiten hat und erst das Zusammenwirken aller 3 Methoden ein befriedigendes Resultat ergibt [39]. Die intraoperative Sonographie stellt dabei eine Methode dar, die den Erfolg einer minimal-invasiven Operation deutlich steigern kann. Beim Einsatz der Methoden gilt das Eskalationsprinzip: Erst nach Anwendung der technisch weniger aufwändigen Verfahren wie Auge und Taststab kommt die Sonographie zum Einsatz. Alle 3 Methoden zusammen kommen auf einen guten Wert in der intraoperativen Lokalisation von pulmonalen Rundherden, ohne dass im Vorfeld noch eine Markierung der Rundherde stattfinden muss. Periinterventionelle Risiken werden dadurch verringert. Eine eindeutige Lokalisierung des Rundherdes muss jedoch nicht bedeuten, dass dieser auch mittels VATS resektabel ist. In einem Fall konnte der Rundherd aufgrund der Derbheit des Lungenparenchyms nicht sicher gefasst werden. Auch eine ungünstige Lokalisation eines Herdes zwischen zwei großen Gefäßästen kann dazu führen, dass eine Resektion mit VATS-Techniken nicht möglich ist und zu einer Thorakotomie konvertiert werden muss. Diese kann jedoch häufig als Minithorakotomie ausgeführt werden, da in der VATS mit Sonographie bereits klar der Zielbereich definiert worden ist und offen lediglich Vorkehrungen zur Blutungsprophylaxe getroffen werden müssen. In den Fällen, in denen die minimalen Lokalisationsmöglichkeiten nicht zum Ziel führten, blieb als Alternative nur die Konversion zur Thorakotomie.

In 19 % der Fälle ( $n = 8$ ) war in der vorliegenden Studie die Sonographie aus unterschiedlichen Gründen nicht erfolgreich. In 4 Fällen versagten alle genannten Methoden. Auf den zweiten Blick ist dabei das Versagen der Sonographie nicht zwangsläufig an die Größe des Rundherdes oder an den Abstand des Rundherdes zur Oberfläche gebunden. Demnach spielen neben Durchmesser und Abstand zur Oberfläche auch andere Faktoren, wie zum Beispiel die Echogenität, eine wesentliche Rolle für eine sonographische Detektion. Diese Limitationen des Verfahrens muss man kennen, um einen sinnvollen Einsatz der intraoperativen Sonographie vornehmen zu können.

#### **4.4 Vorteile der einzelnen Methoden in Bezug auf die Rundherdlokalisierung**

In der vorliegenden Studie zeigt die intraoperative Sonographie Vorteile bezüglich der Detektabilität bei Lage des Rundherdes in den Lungenoberlappen. Ob das anatomisch oder Handhabungsbedingt war, lässt sich nicht sicher entscheiden. Denkbar ist, dass die Form und Größe des Unterlappens einer einfachen Sonographie trotz Abwinkelbarkeit des Schallkopfs nicht so einfach zugänglich ist und hier beide Faktoren sich bedingen und zu schlechteren Ergebnissen führen. Die Lernkurve für die Sonographie am Unterlappen ist offenbar länger. Gegebenenfalls müssen hier noch Hilfsmittel zur technischen Unterstützung der Sonographie entwickelt werden. Die Lunge ist lediglich hilär und mediastinal am Unterlappen fixiert und weicht dem Schallkopf in bestimmten Positionen leicht aus, sodass Fixationsmethoden hilfreich sein könnten.

90 % der im linken Oberlappen und 59 % der im rechten Oberlappen gelegenen Rundherde ließen sich nicht palpieren. Somit scheint die Sonographie bei Detektion der im Oberlappen gelegenen Rundherde einen Vorteil zu besitzen bei gleichzeitiger „Schwäche“ für den Unterlappen. Von den 4 Rundherden, bei denen alle Lokalisationsmethoden versagten, befanden sich 3 im Unterlappen.

Interessanterweise waren nur 44,4 % der in der Computertomographie subpleural gelegenen Rundherde auch makroskopisch sichtbar. Gleichzeitig ließen sich ebenfalls nur 4 Rundherde palpieren. Hier zeigte sich die Sonographie mit der Detektion von 77,8 % der subpleural gelegenen Rundherde überlegen und verdeutlicht die Tatsache, dass gerade die vermeintlich leicht zu detektierenden subpleuralen Rundherde sich der Lokalisation mit etablierten Methoden entziehen können. Allerdings versagte auch die Sonographie bei 2 subpleuralen Rundherden. Beide ließen sich nicht visualisieren, aber instrumentell palpieren. Dies macht deutlich, dass eine optimale Lokalisation nur über den Einsatz aller 3 Methoden verwirklicht werden kann.

Eine Aussage über die Genese der Histologie der subpleural gelegenen Rundherde ließ sich nicht treffen, da alle Formen der histologischen Einteilung außer dem Primärtumor auftraten.

In den 16 Fällen, in denen die intraoperative Sonographie die einzige weiterführende Lokalisationsmethode blieb, waren die Rundherde in sämtlichen Lungenlappen gelegen und betrafen alle histopathologischen Untergruppen. Die Sonographie konnte in diesen Fällen keine Hinweise für die intraoperative Einschätzung der histopathologischen Genese der Rundherde liefern, trug jedoch zur erfolgreichen Resektion bei.

#### **4.5 Konversionsrate**

Die Konversionsrate zur Thorakotomie betrug in unserer Studie 16,7 %. Gründe waren eine erfolglose Lokalisation in 3 Fällen (7,2 %) und die Unmöglichkeit der thorakoskopischen Resektion in 4 Fällen (9,5 %). In der Gruppe der erfolglosen Lokalisationen ( $n = 3$ ) versagten sämtliche Lokalisationsmethoden. Die manuelle Palpation der Lunge nach Thorakotomie war in allen 3 Fällen erfolgreich. Dies zeigt, dass die Konversion zur Thorakotomie bei Versagen sämtlicher Lokalisationsmethoden Mittel der Wahl bleibt. In den anderen 4 Fällen wurde der Rundherd primär thorakoskopisch lokalisiert, es stellte sich jedoch intraoperativ heraus, dass dieser nicht atypisch reseziert werden konnte. Es erfolgte ein offenes Vorgehen zur Resektion, allerdings mittels gezielter video-assistierter Minithorakotomie bis 7 cm Länge. In 2 Fällen war primär die Sonographie erfolgreich und lieferte zugleich wertvolle Hinweise für die Entscheidung zur Konversion: In einem Fall zeigte sich der Tumor sonographisch zwischen einer Gabel zweier Pulmonalarterienäste, welche palpatorisch nicht zu unterscheiden waren. Hierbei erlaubt es die Sonographie, Größe und umgebende Strukturen des Tumors besser einzuschätzen [30, 49]. Ein zusätzlicher Informationsgewinn über die Lage des Tumors kann dabei durch die am Sonographiegerät integrierte Farbdoppler-Funktion erzielt werden. Es ist möglich, klar zwischen pulsierendem Gefäß und Tumor zu unterscheiden. Zusammenhänge zwischen der mittels Farbdoppler zu identifizierenden Durchblutung und der jeweiligen Histologie des Rundherdes zu klären war zwar nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung, wäre aber eine interessante Fragestellung für eine erneute Studie an einem größeren Kollektiv.

In dem anderen Fall war der Tumor zwar mit sämtlichen Methoden zu lokalisieren, allerdings aufgrund der Dernheit des Lungenparenchyms bei vorbestehender Fibrose nicht zu fassen. Hier kann die intraoperative Sonographie sehr hilfreich bei der Planung des Ausmaßes der atypischen Resektion sein [31, 48]. In den anderen beiden Fällen waren die Rundherde jeweils palpierbar.

In der vorliegenden Studie erfolgte darüber hinaus die Konversion nach positiver Lokalisation und Bestätigung eines malignen Schnellschnittergebnisses in weiteren 2 Fällen. Diese wurden jedoch nicht zur Konversionsgruppe gezählt, da die primäre Lokalisation während VATS erfolgte. Über den Stellenwert der minimal-invasiven Chirurgie bei Malignomen, insbesondere in der Metastasenchirurgie, wird derzeit weiter diskutiert [57].

#### **4.6 Sonographieergebnis in Abhängigkeit von der Histopathologie**

Mittels intraoperativer Sonographie konnten alle Formen einer groben histologischen Einteilung in primär oder sekundär maligne, benigne-entzündlich und benigne-nichtentzündlich detektiert werden. Die genaue Beurteilung und Vergleichbarkeit der verschiedenen Histologien mit der Sonomorphologie war aufgrund der niedrigen Zahl videodokumentierter Operationen schwierig. Bemerkenswert ist aber, dass sämtliche Areale, welche ein Primärkarzinom darstellten, sonographisch erkannt wurden (Sensitivität 100 %). Eine klare Sonomorphologie konnte jedoch nicht zugeordnet werden. Bei metastatischem Geschehen war in der vorliegenden Studie die intraoperative Sonographie in 83,3 % erfolgreich. In der Videodokumentationsgruppe zeigte sich hierbei die Sonomorphologie in 85,7 % echoarm. In sämtlichen Fällen lag ein unregelmäßiger Randsaum vor (100 %). Alle anderen Beschreibungen der Sonomorphologie zeigten keine einheitlichen Ergebnisse. Die intraoperative Sonographie ist somit bei der Detektion von malignen Prozessen sehr sensitiv. 90 % der benigne-entzündlichen Histopathologien konnten zwar in der vorliegenden Studie mittels Sonographie detektiert werden, allerdings zeigte sich die Sonomorphologie uneinheitlich. Für die gleiche histopathologische Zuordnung bei benigne-entzündlicher Genese (Aspergillose, karnifizierende Pneumonie) zeigte sich jeweils eine unterschiedliche Sonomorphologie. Ebenso uneinheitlich zeigten sich die benigne-nichtentzündlichen Histopathologien. Für die Detektion von Rundherden ist die intraoperative Sonographie eine sehr gute, sensitive Lokalisierungsmethode. Rückschlüsse von der Sonomorphologie auf die Histopathologie können intraoperativ allerdings mit Einschränkung nur bei Metastasen getroffen werden, bei sämtlichen anderen Histopathologien zeigte sich die Sonomorphologie als zu uneinheitlich. Dabei ist zu bedenken, dass in der vorliegenden Studie viele benigne Histopathologien auch einen unregelmäßigen Randsaum besaßen. Eine klare Unterscheidung zwischen maligne und benigne anhand der Sonomorphologie war in der vorliegenden Studie im Gegensatz zu anderen Studien nicht möglich [48]. Die definitive Diagnose muss in jedem Fall über Gewebsproben erfolgen, und somit ist eine komplette Rundherdresektion grundsätzlich anzustreben [1, 58]. Die Lokalisation der pulmonalen Rundherde aufgrund einer zum umgebenden Lungenparenchym differenten Sonomorphologie ist jedoch im größten Teil der Fälle möglich. Es gibt jedoch schwierige Befunde, die sich aufgrund von Isoechogenität einer einfachen Detektion entziehen.

## Kapitel 5: Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie war es, den Stellenwert der intraoperativen Sonographie für die Detektion pulmonaler Rundherde während VATS zu evaluieren. Als sekundäre Fragestellung sollte untersucht werden, ob die Sonomorphologie der Rundherde mit der jeweiligen Histopathologie korrelierte.

Die intraoperative Sonographie hat sich in der vorliegenden Studie als eine neuartige einzeitige und sensitive Lokalisationsmethode dargestellt. 81 % der vorhandenen Rundherde konnten mit der intraoperativen Sonographie detektiert werden, wobei sie in 38,1 % der Fälle die einzige weiterführende Lokalisationsmethode im Vergleich zur Visualisierung und zur instrumentellen Palpation dargestellt hat. Somit konnte mit minimal-invasiven Techniken in über 90 % der Fälle eine intraoperative Lokalisation des Rundherdes im Lungenparenchym erreicht werden. Folglich kann die Indikation zur histologischen Sicherung eines Lungenrundherdes mittels VATS großzügiger gestellt werden als bisher.

Zwar kann die intraoperative Sonographie die manuelle Palpation im Vergleich zur Thorakotomie nach wie vor nicht adäquat ersetzen, sie ist jedoch eine große Hilfestellung bei der thorakoskopischen Lokalisation. Eine präoperative Markierung des Herdes mit den damit einhergehenden Unannehmlichkeiten und Risiken für den Patienten ist bei diesem Vorgehen nicht notwendig. Für die erfolgreiche sonographische Lokalisation eines Rundherdes sind einerseits die Lage des Herdes im Lungenparenchym und zum anderen die Sonomorphologie entscheidend. In der vorliegenden Studie war es möglich, einen Rundherd mit einem maximalen Abstand von 2,4 cm von der Lungenoberfläche in der präoperativen Computertomographie zu sonographieren. Der kleinste sonographierbare Rundherd betrug 0,6 cm im Durchmesser. Dabei schienen die Oberlappen der intraoperativen Sonographie besser zugänglich zu sein als die Unterlappen. Neben der Größe und Lage sind andererseits auch die Echogenität und Morphologie des Rundherdes für die erfolgreiche intraoperative Sonographie von essentieller Bedeutung. Hier sind Erfahrungen aus der Sonographie anderer parenchymatöser Organe wie der Leber sehr von Vorteil, ermöglichten jedoch in der vorliegenden Studie keine eindeutige Unterscheidung bestimmter Krankheitsentitäten.

Die Lokalisation der pulmonalen Rundherde aufgrund einer differenten Sonomorphologie zum sie umgebenden Lungengewebe ist jedoch im größten Teil der Fälle möglich.

Rückschlüsse von der Sonomorphologie auf die Histopathologie konnten mit Einschränkung nur bei Metastasen getroffen werden. Zusammen mit den etablierten Methoden wie makroskopische Sichtbarkeit und instrumentelle Palpation kam die intraoperative Sonographie auf einen guten Wert in der intraoperativen Lokalisation, ohne dass im Vorfeld eine Markierung der Rundherde stattfinden musste. Des Weiteren war die intraoperative Sonographie bei der Planung des Resektionsausmaßes sowie bei der Identifizierung wichtiger anatomischer Strukturen von Vorteil.

An größeren Kollektiven könnte untersucht werden, ob sich durch die Sonomorphologie und möglicherweise durch die Einbeziehung anderer Modalitäten wie der Durchblutungsmessung mittels Duplexsonographie oder den Einsatz von Ultraschall-Kontrastmitteln klarere Abgrenzungen verschiedener Krankheiten voneinander erreichen lassen. Darüber hinaus sollte evaluiert werden, ob mit der Etablierung des Verfahrens, mit einer besseren technischen Ausstattung (Schallkopfgeometrie, bessere Abwinkelbarkeit, höhere Auflösung, Kontrastmittelfähigkeit etc.) und mit zunehmender Erfahrung des Anwenders eine weitere Steigerung der Erfolgsrate zu erreichen ist.

Die intraoperative Sonographie hat sich hinsichtlich der Lokalisation der pulmonalen Rundherde als sehr hilfreich erwiesen und wird diesbezüglich ihren Stellenwert festigen. Die primäre Fragestellung der Studie ist damit positiv beantwortet. Die sekundäre Frage nach der Korrelation der Sonomorphologie mit der Histopathologie ist für dieses überschaubare Kollektiv wohl zu komplex gewesen, als dass hierzu eine klare Aussage möglich wäre. Dieser Fragestellung könnte in einer neuen Studie mit einem größeren Kollektiv nachgegangen werden.

# Anhang

## 6.1 Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1	Ausmessung der Durchmesser der Rundherde, Distanz Rundherd – Oberfläche.....	20
Tab. 3.2	Distanz Rundherd-Lungenoberfläche der makroskopisch sichtbaren Rundherde.....	23
Tab. 3.3	Beschreibung der makroskopisch sichtbaren Rundherde.....	23
Tab. 3.4	Beschreibung der instrumentell palpierbaren Rundherde .....	24
Tab. 3.5	Distanz Rundherd – Lungenoberfläche der instrumentell palpierbaren Rundherde.....	24
Tab. 3.6	Zielführende Lokalisationsmethode .....	26
Tab. 3.7	Beschreibung der sonographierbaren Rundherde.....	26
Tab. 3.8	Histologie der Rundherde * Rundherde im Sono erkennbar .....	30
Tab. 3.9	Sonomorphologie bei benigne-entzündlicher Histopathologie .....	33
Tab. 3.10	Sonomorphologie bei Primärem Lungenkarzinom.....	34
Tab. 3.11	Histologie des Rundherdes bei maligner Vorerkrankung.....	35
Tab. 3.12	Histologie des Rundherdes ohne maligne Vorerkrankung.....	35
Tab. 6.1	Rundherde palpierbar * Lokalisation Rundherde Kreuztabelle .....	48
Tab. 6.2	Rundherde makroskopisch sichtbar * Lokalisation Rundherde Kreuztabelle .....	48
Tab. 6.3	Rundherde im Sono erkennbar * Lokalisation Rundherde Kreuztabelle.....	48

## 6.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1	Sonographie-Sonde fährt über atelektatische Lunge und liefert gleichzeitig das Ultraschallbild über Bild-in-Bild-Technik .....	8
Abb. 1.2	Pulmonaler Rundherd mit unregelmäßigem Randsaum in der intraoperativen Sonographie.....	8
Abb. 3.1	Lokalisation der Rundherde während VATS (n = 42).....	18
Abb. 3.2	Verteilung des Durchmessers der Rundherde (n = 37).....	19
Abb. 3.3	Verteilung Distanz Rundherd – Oberfläche (n = 36) .....	20
Abb. 3.4	Histologie der entnommenen Rundherde (n = 42).....	21
Abb. 3.5	Vergleich der einzelnen Lokalisationsmethoden.....	22
Abb. 3.6	Lokalisation der sonographierbaren Rundherde (n = 34) .....	27
Abb. 3.7	Detektion Rundherd in Bezug auf Durchmesser und Distanz (n=36) .....	27
Abb. 3.8	Metastase eines Adenokarzinoms des linken Oberlappens im rechten Oberlappen mit unregelmäßigem Randsaum .....	31
Abb. 3.9	Sonomorphologie bei Metastasierung.....	32

### 6.3 Abkürzungen

SD:	Standardabweichung
MW:	Mittelwert
Min:	Minimum
Max:	Maximum
RH:	Rundherd
RH-OF:	Rundherd-Oberflächenabstand

### 6.4 Übersicht über die drei möglichen Lokalisationsmethoden

Tab. 6.1 Rundherde palpierbar \* Lokalisation Rundherde Kreuztabelle

		Anzahl	Lokalisation Rundherde					Gesamt
Rundherde palpierbar	ja		OL li	OL re	UL li	UL re	ML	
		% von Lokalisation Rundherde	10 %	42 %	30 %	50 %	50 %	33,3 %
	nein	Anzahl	9	7	7	4	1	28
		% von Lokalisation Rundherde	90 %	59 %	70 %	50 %	50 %	66,7 %
Gesamt		Anzahl	10	12	10	8	2	42
		% von Lokalisation Rundherde	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100,0 %

Tab. 6.2 Rundherde makroskopisch sichtbar \* Lokalisation Rundherde Kreuztabelle

		Anzahl	Lokalisation Rundherde					Gesamt
Rundherde makroskopisch sichtbar	ja		OL li	OL re	UL li	UL re	ML	
		% von Lokalisation Rundherde	20 %	8 %	30 %	38 %	100 %	26,2 %
	nein	Anzahl	8	11	7	5	0	31
		% von Lokalisation Rundherde	80 %	92 %	70 %	63 %	0 %	73,8 %
Gesamt		Anzahl	10	12	10	8	2	42
		% von Lokalisation Rundherde	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100,0 %

Tab. 6.3 Rundherde im Sono erkennbar \* Lokalisation Rundherde Kreuztabelle

		Anzahl	Lokalisation Rundherde					Gesamt
			OL li	OL re	UL li	UL re	ML	

Rundherde im Sono erkennbar	ja	Anzahl	9	12	6	5	2	34
		% von Lokalisation Rundherde	90 %	100 %	60 %	63 %	100 %	81,0 %
	nein	Anzahl	1	0	4	3	0	8
		% von Lokalisation Rundherde	10 %	0 %	40 %	38 %	0 %	19 %
Gesamt		Anzahl	10	12	10	8	2	42
		% von Lokalisation Rundherde	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100,0 %

## Literaturverzeichnis

1. Hoffmann H, Dienemann H: **Der pulmonale Rundherd - Prinzipien der Diagnostik.** *Deutsches Ärzteblatt* 2000, **97**(16):1065-71.
2. Sugi K, Kaneda Y, Hirasawa K, Kunitani N: **Radioisotope marking under CT guidance and localization using a handheld gamma probe for small or indistinct pulmonary lesions.** *Chest* 2003, **124**(1):155-158.
3. Lesser T, Bartel M: **Stellenwert der thorakoskopischen Sonographie von Lunge und Mediastinum.** *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie* 1998, **12**(5):232-238.
4. Litynski GS: **Laparoscopy--the early attempts: spotlighting Georg Kelling and Hans Christian Jacobaeus.** *Jsls* 1997, **1**(1):83-85.
5. Jacobaeus H: **Ueber die Möglichkeit der Zystoskopie bei der Untersuchung seröser Höhlungen anzuwenden.** *Münch Med Wochenschrift* 1910, **57**:2090-2092.
6. Kaiser LR: **Video-assisted thoracic surgery. Current state of the art.** *Ann Surg* 1994, **220**(6):720-734.
7. Moll FH, Marx FJ: **A pioneer in laparoscopy and pelviscopy: Kurt Semm (1927-2003).** *J Endourol* 2005, **19**(3):269-271.
8. Mouret P: **How I developed laparoscopic cholecystectomy.** *Ann Acad Med* 1996, **NR. 38**:744-747.
9. Mentzer SJ, DeCamp MM, Harpole DH, Jr., Sugarbaker DJ: **Thoracoscopy and video-assisted thoracic surgery in the treatment of lung cancer.** *Chest* 1995, **107**(6 Suppl):298S-301S.
10. Meyer G, Lange V, Dienemann H, Schildberg FW: **[Video-thoracoscopic atypical lung resection].** *Zentralbl Chir* 1993, **118**(9):549-559.
11. Rieger R, Wayand W: **[Video-assisted thoracoscopy in diagnosis and therapy of intrathoracic diseases].** *Zentralbl Chir* 1997, **122**(12):1065-1071.
12. Machi J, Sigel B, Zaren HA, Schwartz J, Hosokawa T, Kitamura H, Kolecki RV: **Technique of ultrasound examination during laparoscopic cholecystectomy.** *Surgical endoscopy* 1993, **7**(6):544-549.
13. Thetter O, Weipert J: **[Thoracoscopic surgery of the lung and pleura].** *Chirurg* 1993, **64**(8):629-633; discussion 634.

14. Linder A, Toomes H: **[Techniques in thoracoscopic surgery].** *Chirurg* 1994, **65**(8):657-663.
15. Passlick B HR, Ulmer J, Thetter O: **Videoassistierte thorakoskopische Chirurgie/ minimal-invasive Chirurgie.** *ManualTumoren der Lunge und des Mediastinums* 2003:28-29.
16. Bergmann T, Bolukbas S, Beqiri S, Schirren J: **[Video-assisted diagnostic thoracoscopy].** *Chirurg* 2006, **77**(11):998-1006.
17. Bergmann T, Bolukbas S, Beqiri S, Trainer S, Schirren J: **[Solitary pulmonary nodule. Assessment and therapy].** *Chirurg* 2007, **78**(8):687-697.
18. Ost D, Fein A: **Management strategies for the solitary pulmonary nodule.** *Curr Opin Pulm Med* 2004, **10**(4):272-278.
19. Suzuki K, Nagai K, Yoshida J, Ohmatsu H, Takahashi K, Nishimura M, Nishiwaki Y: **Video-assisted thoracoscopic surgery for small indeterminate pulmonary nodules: indications for preoperative marking.** *Chest* 1999, **115**(2):563-568.
20. Lillington GA: **Management of solitary pulmonary nodules.** *Dis Mon* 1991, **37**(5):271-318.
21. Shennib H: **Intraoperative localization techniques for pulmonary nodules.** *The Annals of thoracic surgery* 1993, **56**(3):745-748.
22. Spirn PW, Shah RM, Steiner RM, Greenfield AL, Salazar AM, Liu JB: **Image-guided localization for video-assisted thoracic surgery.** *J Thorac Imaging* 1997, **12**(4):285-292.
23. Schwarz CD, Lenglinger F, Eckmayr J, Schauer N, Hartl P, Mayer KH: **VATS (video-assisted thoracic surgery) of undefined pulmonary nodules. Preoperative evaluation of videoendoscopic resectability.** *Chest* 1994, **106**(5):1570-1574.
24. Piolanti M, Coppola F, Papa S, Pilotti V, Mattioli S, Gavelli G: **Ultrasonographic localization of occult pulmonary nodules during video-assisted thoracic surgery.** *European radiology* 2003, **13**(10):2358-2364.
25. Nomori H: **Fluoroscopy-assisted thoracoscopic resection of lung nodules marked with lipiodol.** *The Annals of thoracic surgery* 2002, **74**:170-173.
26. Pittet O, Christodoulou M, Pezzetta E, Schmidt S, Schnyder P, Ris HB: **Video-assisted thoracoscopic resection of a small pulmonary nodule after computed tomography-guided localization with a hook-wire system. Experience in 45 consecutive patients.** *World J Surg* 2007, **31**(3):575-578.

27. Nomori H, Horio H: **Endofinger for tactile localization of pulmonary nodules during thoracoscopic resection.** *Thorac Cardiovasc Surg* 1996, **44**(1):50-53.
28. Sortini D, Feo C, Maravegias K, Carcoforo P, Pozza E, Liboni A, Sortini A: **Intrathoracoscopic localization techniques. Review of literature.** *Surgical endoscopy* 2006, **20**(9):1341-1347.
29. Greenfield AL, Steiner RM, Liu JB, Cohn HE, Goldberg BB, Rawool NM, Merton DA: **Sonographic guidance for the localization of peripheral pulmonary nodules during thoracoscopy.** *AJR Am J Roentgenol* 1997, **168**(4):1057-1060.
30. Sortini A, Carrella G, Sortini D, Pozza E: **Single pulmonary nodules: localization with intrathoracoscopic ultrasound -- a prospective study.** *Eur J Cardiothorac Surg* 2002, **22**(3):440-442.
31. Yamamoto M, Takeo M, Meguro F, Ishikawa T: **Sonographic evaluation for peripheral pulmonary nodules during video-assisted thoracoscopic surgery.** *Surgical endoscopy* 2003, **17**(5):825-827.
32. Forshag MS, Cooper AD, Jr.: **Postoperative care of the thoracotomy patient.** *Clin Chest Med* 1992, **13**(1):33-45.
33. Yim AP: **VATS major pulmonary resection revisited--controversies, techniques, and results.** *The Annals of thoracic surgery* 2002, **74**(2):615-623.
34. Landreneau RJ, Hazelrigg SR, Mack MJ, Dowling RD, Burke D, Gavlick J, Perrino MK, Ritter PS, Bowers CM, DeFino J *et al*: **Postoperative pain-related morbidity: video-assisted thoracic surgery versus thoracotomy.** *The Annals of thoracic surgery* 1993, **56**(6):1285-1289.
35. Dienemann H, Hoffmann H: **[Endoscopic thoracic surgery: indications, feasibility, and limitations].** *Chirurg* 2003, **74**(4):324-332.
36. Winter H, Meimarakis G, Pirker M, Spelsberg F, Kopp R, Ruttinger D, Loehe F, Jauch KW, Hatz R: **Predictors of general complications after video-assisted thoracoscopic surgical procedures.** *Surgical endoscopy* 2008, **22**(3):640-645.
37. Ludwig C, Zeitoun M, Stoelben E: **Video-assisted thoracoscopic resection of pulmonary lesions.** *Eur J Surg Oncol* 2004, **30**(10):1118-1122.
38. Whitson BA, Andrade RS, Boettcher A, Bardales R, Kratzke RA, Dahlberg PS, Maddaus MA: **Video-assisted thoracoscopic surgery is more favorable than thoracotomy for resection of clinical stage I non-small cell lung cancer.** *The Annals of thoracic surgery* 2007, **83**(6):1965-1970.
39. Hu J, Zhang C, Sun L: **Localization of small pulmonary nodules for videothoracoscopic surgery.** *ANZ journal of surgery* 2006, **76**(7):649-651.

40. Landreneau RJ, Mack MJ, Hazelrigg SR, Dowling RD, Acuff TE, Magee MJ, Ferson PF: **Video-assisted thoracic surgery: basic technical concepts and intercostal approach strategies.** *The Annals of thoracic surgery* 1992, **54**(4):800-807.
41. Viggiano RW, Swensen SJ, Rosenow EC, 3rd: **Evaluation and management of solitary and multiple pulmonary nodules.** *Clin Chest Med* 1992, **13**(1):83-95.
42. Santambrogio R, Montorsi M, Bianchi P, Mantovani A, Ghelma F, Mezzetti M: **Intraoperative ultrasound during thoracoscopic procedures for solitary pulmonary nodules.** *The Annals of thoracic surgery* 1999, **68**(1):218-222.
43. Okumura T, Kondo H, Suzuki K, Asamura H, Kobayashi T, Kaneko M, Tsuchiya R: **Fluoroscopy-assisted thoracoscopic surgery after computed tomography-guided bronchoscopic barium marking.** *The Annals of thoracic surgery* 2001, **71**(2):439-442.
44. Poretti FP, Brunner E, Vorwerk D: **[Simple localization of peripheral pulmonary nodules - CT-guided percutaneous hook-wire localization].** *Rofo* 2002, **174**(2):202-207.
45. Zhou JH, Li WT, Chen HQ, Peng WJ, Xiang JQ, Zhang YW, Wang SP, Yang F, Zhou X, Luo XY: **[CT-guided hookwire localization of small solitary pulmonary nodules in video-assisted thoracoscopic surgery].** *Zhonghua Zhong Liu Za Zhi* 2009, **31**(7):546-549.
46. Gruppioni F, Piolanti M, Coppola F, Papa S, Di Simone M, Albini L, Mattioli S, Gavelli G: **[Intraoperative echography in the localization of pulmonary nodules during video-assisted thoracic surgery].** *Radiol Med* 2000, **100**(4):223-228.
47. Sekine Y, Yasukawa T, Kimura H, Iwai N, Yoshida S, Yasufuku K, Yamaguchi Y: **[Evaluation of intrapulmonary nodules by thoracoscopic ultrasonography].** *Nihon Kyobu Shikkan Gakkai Zasshi* 1997, **35**(3):255-260.
48. Matsumoto S, Hirata T, Ogawa E, Fukuse T, Ueda H, Koyama T, Nakamura T, Wada H: **Ultrasonographic evaluation of small nodules in the peripheral lung during video-assisted thoracic surgery (VATS).** *Eur J Cardiothorac Surg* 2004, **26**(3):469-473.
49. Sortini D, Feo CV, Carrella G, Bergossi L, Soliani G, Carcoforo P, Pozza E, Sortini A: **Thoracoscopic localization techniques for patients with a single pulmonary nodule and positive oncological anamnesis: a prospective study.** *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2003, **13**(6):371-375.
50. Rocco G, Cicalese M, La Manna C, La Rocca A, Martucci N, Salvi R: **Ultrasonographic identification of peripheral pulmonary nodules through uniportal video-assisted thoracic surgery.** *The Annals of thoracic surgery*, **92**(3):1099-1101.

51. Shepard JA, Mathisen DJ, Muse VV, Bhalla M, McLoud TC: **Needle localization of peripheral lung nodules for video-assisted thoracoscopic surgery.** *Chest* 1994, **105**(5):1559-1563.
52. Horan TA, Pinheiro PM, Araujo LM, Santiago FF, Rodrigues MR: **Massive gas embolism during pulmonary nodule hook wire localization.** *The Annals of thoracic surgery* 2002, **73**(5):1647-1649.
53. Gow KW, Saad DF, Koontz C, Wulkan ML: **Minimally invasive thoracoscopic ultrasound for localization of pulmonary nodules in children.** *J Pediatr Surg* 2008, **43**(12):2315-2322.
54. Kondo R, Yoshida K, Hamanaka K, Hashizume M, Ushiyama T, Hyogotani A, Kurai M, Kawakami S, Fukushima M, Amano J: **Intraoperative ultrasonographic localization of pulmonary ground-glass opacities.** *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009, **138**(4):837-842.
55. Jancovici R, Lang-Lazdunski L, Pons F, Cador L, Dujon A, Dahan M, Azorin J: **Complications of video-assisted thoracic surgery: a five-year experience.** *The Annals of thoracic surgery* 1996, **61**(2):533-537.
56. Nakashima S, Watanabe A, Obama T, Yamada G, Takahashi H, Higami T: **Need for preoperative computed tomography-guided localization in video-assisted thoracoscopic surgery pulmonary resections of metastatic pulmonary nodules.** *The Annals of thoracic surgery*, **89**(1):212-218.
57. Pfannschmidt J, Dienemann H: **[Current surgical management of pulmonary metastases].** *Zentralbl Chir* 2009, **134**(5):418-424.
58. Loscertales J, Jimenez-Merchan R, Congregado M, Ayarra FJ, Gallardo G, Trivino A: **Video-assisted surgery for lung cancer. State of the art and personal experience.** *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2009, **17**(3):313-326.

# **Lebenslauf**

## **Persönliche Daten:**

Name:	Dominik Völkers
Geburtsdatum und -Ort:	24. August 1980 Freiburg im Breisgau
Konfession:	evangelisch
Staatsangehörigkeit	deutsch

## **Schullaufbahn:**

Grundschule und Gymnasium in Staufen / Brsg.	Sep 1987 – Juni 2000
Auslandsaufenthalt, Rennes (Frankreich)	Aug 1998 – Dez 1998
Abitur	Juni 2000
Leistungskurse: Französisch / Sport	

## **Studium der Humanmedizin:**

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	Okt 2001 – März 2004
Ludwig-Maximilians-Universität München	März 2004 – Dez 2008
Examensabschluss ärztliche Prüfung	Dez 2008

## **Berufserfahrung:**

### **Assistenzarzt Anästhesie**

Diakoniekrankenhaus Freiburg ab Juni 2012

### **Assistenzarzt Innere Medizin**

Kreiskrankenhaus Lörrach April 2009 – März 2012

### **Ausbildung zum Rettungssanitäter**

DRK-Landesschule Bad Dürrheim  
Rettungswache Herzzentrum Bad Krozingen

**Rettungssanitäter Rettungswache Bad Krozingen**

Deutsches Rotes Kreuz

Juli 2001 – Sept 2002

**Nachtwache / Stationsaushilfe**

LMU- Kliniken München

seit Dez 2006

**Praktisches Jahr:****1. Tertiäl: Chirurgie**Amperklinik Dachau,  
Abt. Visceral-/Gefäßchirurgie  
Prof. Dr. H-G. Rau

Feb 2007 – Juni 2007

**2. Tertiäl: Innere Medizin**Amperklinik Dachau  
Dr. G. Kachel (Gastroenterologie)  
PD Dr. M. Weber (Kardiologie)

Juni 2007 – Okt 2007

**3. Tertiäl: Anästhesie**Klinikum München-Pasing  
Dr. J. Doeffer

Okt 2007 – Jan 2008

**Famulaturen:****Zentrale Notaufnahme**Städtisches Klinikum Karlsruhe  
OA Dr H. P. Müller

Nov/Dez 2005

**Anästhesie**Diakonissenkrankenhaus Karlsruhe-Rüppurr  
CA Dr. Th. Arldt

Sept/Okt 2005

**Innere Medizin, Kardiologie**Städtisches Klinikum Karlsruhe  
Prof. Dr. H. C. Mehmel

März 2005

**Innere Medizin, Gastroenterologie**Städtisches Klinikum Karlsruhe  
Prof. Dr. R. Gugler

Sept 2004

**Sonstiges:**

TEAM-G-Certification (German Trauma Evaluation and Management)	SS 2005
Kursus der Sportmedizin	WS 2005/06
Sprachkenntnisse	Englisch und Französisch
EDV	gute Kenntnisse in Microsoft Office
Interessen	Volleyball, Badminton, Mountainbiking, frz. Musik

## **Danksagung**

Hiermit möchte ich mich ausdrücklich bei meinem Doktorvater Professor Rudolf Hatz sowie bei meinem Betreuer Dr. Tim Strauss für die Überlassung des Themas sowie die fachkundige Betreuung und die Beantwortung klinischer Fragen bedanken. Bei auftretenden Problemen und Fragen erfuhr ich jederzeit eine große Hilfestellung. Darüber hinaus möchte ich mit bei Dr. Sven Thieme bedanken, der mir bei der radiologischen Auswertung der präoperativen Computertomographien zur Seite stand.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Dr. Hans-Martin Hornung und allen Mitarbeitern der Abteilung für Dokumentation der Chirurgischen Klinik und Poliklinik des Klinikums Großhadern, die mir bei der Bereitstellung aller in die klinische Studie einbezogenen Patientendaten halfen.

Darüber hinaus herzlichen Dank an die Mitarbeiter der verschiedenen Röntgeninstitute, die die auswärtig durchgeführten Schichtaufnahmen zur Verfügung gestellt haben.

Zuletzt geht jedoch mein Dank an alle Patienten, die sich im Klinikum Großhadern operieren ließen und ohne die diese Studie nicht möglich gewesen wäre.