

S3-Leitlinie: Diagnostik und Therapie von Spontanpneumothorax und postinterventionellem Pneumothorax

AWMF – Register Nr. 010 – 007

Federführende Fachgesellschaft:

Deutsche Gesellschaft für Thoraxchirurgie (DGT)

Beteiligte Fachgesellschaften:

Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und
Beatmungsmedizin (DGP)

Deutsche Röntgengesellschaft (DRG)

Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin (DGIM)

S3-Leitlinie: Diagnostik und Therapie von Spontanpneumothorax und postinterventionellem Pneumothorax

Inhalt

Einleitung:	5
1 Geschichte, Definition, Ätiologie, Epidemiologie, Anamnese, Befund, Nachsorge des Pneumothorax	6
1.1 Definition und Ätiologie des Pneumothorax	6
1.1.1 Primärer Spontanpneumothorax (PSP):	6
1.1.2 Sekundärer Spontanpneumothorax (SSP)	7
1.1.3 Iatrogener Pneumothorax	8
1.1.4 Traumatischer Pneumothorax	8
1.1.5 Katamenialer Pneumothorax	8
1.1.6 Pneumothorax in der Schwangerschaft	8
1.2 Epidemiologie	9
1.2.1 Inzidenz	9
1.2.2 Rezidivrate	10
1.2.3 Letalität	11
1.3 Klinische Präsentation	12
1.3.1 Symptome	12
1.3.2 Klinische Untersuchung	13
1.3.3 Apparative Untersuchungen	13
1.4 Begünstigende Faktoren für die Pneumothoraxentstehung	13
1.4.1 Rauchen	13
1.4.2 Körperbau und Habitus	13
1.4.3 Körperliche Aktivität und Sport	14
1.4.4 Fliegen, Bergsteigen, Aufenthalt in großen Höhen	14
1.4.5 Klimaeffekte und Wetter	14
1.4.6 Psychischer Stress und Ärger	14
1.5 Nachsorge	14
1.6 Rezidivprophylaxe	15

1.6.1	Primäre und sekundäre Prävention.....	15
2	Bildgebung des Pneumothorax	16
2.1	Röntgenthorax.....	16
2.1.1	Röntgen-Thorax p.a. im Stehen in Inspiration.....	17
2.1.2	Röntgen- Thorax seitlich.....	17
2.1.3	Röntgen- Thorax p.a. im Stehen in Expiration	17
2.1.4	Röntgen- Thorax im Liegen a.p. und seitlich	17
2.2	Ultraschalluntersuchung	18
2.3	CT Thorax.....	18
2.3.1	Indikation zum CT Thorax.....	19
2.4.	Ausmaß des Pneumothorax	19
3	Behandlung des primären Spontanpneumothorax.....	21
3.1	Allgemeine Behandlungsstrategie.....	23
3.2	Ambulante / stationäre Behandlung	24
3.3	Pneumologische und thoraxchirurgische Beurteilung	25
3.4	Nadelaspiration / Drainagetherapie.....	25
3.5	Sogtherapie	27
3.6	Operation des PSP	27
3.6.1	Indikation zur operativen Versorgung des primären Spontanpneumothorax.....	27
3.6.2	Spezielle Aspekte zur Strategie / Technik der operativen Versorgung des PSP.....	31
4	Behandlung des sekundären Spontanpneumothorax und von Sonderfällen des Spontanpneumothorax	32
4.1	Allgemeine Behandlungsstrategie.....	34
4.2	Ambulante/stationäre Behandlung.....	34
4.3	Pneumologische / thoraxchirurgische Beurteilung	35
4.4	Drainagetherapie.....	36
4.5	Weitere nicht-operative Therapieoptionen	37
4.6	Operation des sekundären Spontanpneumothorax.....	38
4.6.1	Indikation zur operativen Versorgung des sekundären Spontanpneumothorax.....	38
4.6.2	Spezielle Aspekte zur Strategie/Technik der operativen Versorgung des SSP	39
4.7	Sonderfälle des Pneumothorax.....	41
4.7.1	Katamenialer Pneumothorax	41
4.7.2	Pneumothorax in der Schwangerschaft	42
5	Postinterventioneller Pneumothorax.....	43
5.1	Einleitung.....	43

5.2	Empfehlungen:	43
	Supplement.....	48
	Tabellen.....	48
	Literaturverzeichnis.....	50

Einleitung:

Der Spontanpneumothorax ist ein verbreitetes Krankheitsbild mit etwa 10.000 Ereignissen pro Jahr in Deutschland. Die betroffenen Patienten werden in verschiedenen Sektoren der Medizin von einem breiten Spektrum von Fachdisziplinen betreut. Aus diesem Grunde legen die Deutsche Gesellschaft für Thoraxchirurgie, die Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin, die Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin sowie die Deutsche Röntgengesellschaft eine evidenzbasierte Leitlinie vor, um allen Ärzten, die mit der Diagnostik und Therapie des Pneumothorax konfrontiert sind, eine wissenschaftlich basierte und pragmatische Handlungsanweisung zur Verfügung zu stellen. Da ein Pneumothorax auch postinterventionell in verschiedenen medizinischen Fachgebieten auftreten kann und vergleichbaren Behandlungsstrategien unterliegt, wurde auch er in die Leitlinie aufgenommen. Somit umfasst die vorliegende Leitlinie folgende Formen des Pneumothorax für erwachsene Patienten:

Primärer Spontanpneumothorax

Sekundärer Spontanpneumothorax

Postinterventioneller Pneumothorax

Der Pneumothorax bei Kindern, der postoperativen Pneumothorax, der traumatische Pneumothorax oder der Pneumothorax unter Beatmung sind nicht Gegenstand dieser Leitlinie.

Methodik der Leitlinienerstellung

Die aktuelle S3-Leitlinie wurde auf der Basis der als Quelleitlinie dienenden evidenzbasierten Leitlinie der British Thoracic Society (BTS) zum Management des Spontanpneumothorax von 2010^[1] entwickelt. Die dort gefundenen Literaturstellen sowie die Literatur aus einer eigenen systematischen Recherche ab 2008 (für den postinterventionellen Pneumothorax ab 1960, da nicht in der Quelleitlinie behandelt) wurden für 37 Empfehlungen bzw. 8 Statements zugrunde gelegt. 14 Empfehlungen wurden mangels Studien im Expertenkonsens verabschiedet. Im Leitlinienreport ist dargelegt, welche Empfehlungen nach Prüfung aus der Quelleitlinie ohne Änderung übernommen und welche mit Modifikationen übernommen werden konnten. Die Leitliniengruppe hat in der ersten Konsensus-Konferenz entschieden, anstatt dem bisherig überwiegend angewendetem dreistufigen Formulierungsschema der AWMF (A: „soll/soll nicht“, B: „sollte/sollte nicht“, O: „kann/kann nicht“) das aktuellere zweistufige Formulierungsschema nach Grade (A: „wir empfehlen/wir empfehlen nicht“, B: „wir schlagen vor/wir schlagen nicht vor“) zur Graduierung der Empfehlungen anzuwenden.

Die Evidenzgrade zu den Empfehlungen wurden entsprechend den Vorgaben des Oxford Centre for Evidence-Based Medicine (Schema 2011) mit Grad 1 – Grad 5 festgelegt, bei fehlender Evidenz wurden die Empfehlungen nach Expertenkonsens (EK) bewertet.

Die Empfehlungen wurden in 3 Konsensus-Konferenzen und die LL abschließend im Delphi-Verfahren abgestimmt.

Die methodischen Abläufe zur Erstellung der S3-Leitlinie sind im Leitlinienreport in der Gesamtheit dargestellt.

1 Geschichte, Definition, Ätiologie, Epidemiologie, Anamnese, Befund, Nachsorge des Pneumothorax

Der Begriff "Pneumothorax" wurde zuerst von Itard 1803, danach von Laennec 1819 geprägt und bezeichnet die Luftansammlung in der Pleurahöhle^[2]. Zu dieser Zeit waren die meisten Fälle eines Pneumothorax einer Tuberkulose zuzuordnen, auch wenn Pneumothoraces bei sonst gesunden Patienten gesehen wurden ("einfacher Pneumothorax"). Die erste Beschreibung des Pneumothorax bei ansonsten gesunden Patienten (primärer Spontanpneumothorax, PSP) stammt von Kjaergaard 1932^[3].

1.1 Definition und Ätiologie des Pneumothorax

Die klinische Unterteilung in primären und sekundären Spontanpneumothorax (PSP und SSP) hat entscheidende Bedeutung für Diagnostik und Therapie des Patienten. Aus diesem Grunde sollte bei der primären Vorstellung des Patienten auf eine möglichst eindeutige Definition des Krankheitsbildes geachtet werden.

Die Anamnese des Patienten bezüglich Lungenerkrankungen ist vollständig zu erheben. Nach pulmonalen Symptomen vor dem Pneumothoraxereignis sollte konkret gefragt werden. Die Struktur der nicht befallenen Lunge in der Röntgenübersichtsaufnahme muss beachtet werden, um Hinweise auf einen sekundären Pneumothorax nicht zu übersehen.

1.1.1 Primärer Spontanpneumothorax (PSP):

Ein unvermittelt auftretender Pneumothorax ohne vorausgehende Thoraxintervention oder -verletzung bei Patienten unter 45 Lebensjahren ohne vorbestehende Lungenerkrankung mit einer unauffälligen gegenseitigen Lunge in der Röntgenübersichtsaufnahme wird als primärer Spontanpneumothorax bezeichnet. Bei diesen als lungengesund definierten Patienten können dennoch pathologische Befunde in der Lunge nachgewiesen werden. So finden sich bei bis zu 90 % der Patienten bei der Thorakoskopie oder in der CT-Bildgebung subpleurale Bläschen und Bullae^[4, 5]. Diesen Befunden wurde deshalb eine Rolle in der Entstehung des Pneumothorax zugeschrieben. Mehrere Autofluoreszenzstudien^[6] zeigten pleurale Porositäten in der angrenzenden Pleuraregion auf, welche mit weißem Licht nicht sichtbar waren.

1.1.2 Sekundärer Spontanpneumothorax (SSP)

S 1	Statement	2017
Statement	Der sekundäre Spontanpneumothorax ist mit einer höheren Morbidität und Mortalität als der primäre Spontanpneumothorax assoziiert.	
Evidenzgrad 2	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Tanaka 1993 ^[7] , Norris 1968 ^[8] , Mathur ^[9] de Novo Recherche: Brown 2014 ^[10]	
	Konsensstärke: 100%	

Weist der Patient eine Lungenerkrankung in der Vorgeschichte auf, bestanden pulmonale Symptome vor Auftreten des Pneumothorax, zeigt sich eine pathologische Lungenstruktur in der Röntgenübersichtsaufnahme auf der nicht befallenden Seite, oder ist der Patient 45 Jahre und älter bei bestehendem Nikotinabusus, ist ein sekundärer Spontanpneumothorax anzunehmen. Bei einem Pneumothorax mit vorbestehender Lungenerkrankung sind die Morbidität und Letalität bei den Patienten höher als beim PSP und abhängig von dem Grad der vorbestehenden Lungenschädigung. Die Behandlung ist nicht zuletzt aufgrund altersbedingter Begleiterkrankungen erschwert, was sich z.B. im längeren Krankenhausaufenthalt und einer höheren Letalität ausdrückt^[9, 11, 12]. Die signifikant ansteigende Rate der Letalität und der Nebenerkrankungen beim Spontanpneumothorax ab dem 45. Lebensjahr geht einher mit der Zunahme des SSP im Vergleich zum PSP bei über 45jährigen Patienten (siehe Abb.2).

Tabelle 1: Charakteristika für den primären und sekundären Pneumothorax (nach Bobbio^[11])

	Primärer Spontanpneumothorax (PSP)	Sekundärer Spontanpneumothorax (SSP)
Anteil aller Spontan-PTX (%)	85	15
Patientenalter (J)	35 ± 18	53 ± 20
Geschlecht (m:w)	76:24	80:20
Zugrundeliegende Lungenerkrankung	Nein	Ja
Klinisches Bild	oft beschwerdefrei	abhängig von Schweregrad der zugrundeliegenden Lungenerkrankung
Begleiterkrankungen	selten	häufig

Tabelle 2: Lungenerkrankungen, die zu sekundären Pneumothoraces führen können ^[13]

Obstruktive Lungenerkrankungen	COPD / Emphysem ^[7, 14-16]
	Zystische Fibrose ^[17]
	Schweres Asthma ^[18]
Infektionen	Pneumocystis jiroveci Pneumonie ^[19, 20]
	Tuberkulose ^[7, 21]
	Nicht-tuberkulöse Mykobakteriose ^[22]
	Abszedierende Pneumonie
Interstitielle Lungenerkrankungen	Fibrosierende Lungenerkrankungen ^[7, 15, 16]
	Zystische Lungenerkrankungen:
	- Langerhanszell-Granulomatose ^[23]
	- Lymphangioleiomyomatose (LAM) ^[24]
	- Birt-Hogg-Dubé- Syndrom ^[25, 26]
	Sarkoidose ^[27]
Maligne Erkrankungen	Lungenkarzinom ^[7, 28]
	Sekundäre maligne Neoplasien der Lunge ^[29]

1.1.3 Iatrogenes Pneumothorax

Bei ärztlichen Eingriffen wie z. B. Akupunktur, orthopädischer Injektion, CT-gestützter Lungenbiopsie, bronchoskopischer Lungenbiopsie, Anlage eines zentralen Venenkatheters oder Pleurapunktion kann es zu einer Verletzung der Pleura visceralis mit Austritt von Atemluft in den Pleuraraum kommen.

1.1.4 Traumatischer Pneumothorax

Penetrierende oder stumpfe Thoraxtraumata führen über eine Verletzung des Lungenparenchyms, des Tracheobronchialbaumes oder Defekten in der Thoraxwand zu einem einseitigen oder beidseitigen Pneumothorax.

1.1.5 Katamenialer Pneumothorax

Bei diesem seltenen Krankheitsbild erleiden jungen Frauen innerhalb von 72 Stunden vor oder nach der Menstruation einen Spontanpneumothorax, zumeist auf der rechten Seite. Typische Symptome sind Thoraxschmerzen, Dyspnoe und Hämoptysen ^[30]. Es besteht eine hohe Rezidivneigung sowie ein zeitlicher Zusammenhang mit dem Menstruationszyklus. Die Pathogenese ist nicht endgültig geklärt ^[31, 32]. Es gibt Hinweise für eine Endometriose als Ursache dieser seltenen Form des Pneumothorax, alternativ wird die Aspiration von Luft über Uterus und Tube nach intraabdominell und von dort über Fenestrierungen im Zwerchfell in den Pleuraraum diskutiert.

1.1.6 Pneumothorax in der Schwangerschaft

Grundsätzlich haben Frauen ein geringeres Risiko als Männer, einen Spontanpneumothorax zu entwickeln. Eine Schwangerschaft und der Geburtsprozess scheinen jedoch das individuelle Risiko zu erhöhen ^[33].

1.2 Epidemiologie

1.2.1 Inzidenz

Der Pneumothorax ist ein relevantes globales Gesundheitsproblem. Eine aktuelle Studie aus Frankreich über den Zeitraum 2008 bis 2011^[11] ergibt eine Inzidenz des Pneumothorax bei über 14jährigen Einwohnern von 22 Fällen pro 100.000 Einwohner, wobei Männer um den Faktor 3.3 häufiger betroffen sind als Frauen. Nach Daten des Statistischen Bundesamtes^[12] über den Zeitraum 2011 bis 2015 erfolgten 10.500 Hospitalisationen pro Jahr in Deutschland mit der Diagnose Pneumothorax. Dabei wird nicht zwischen Erstereignis und Rezidiv unterschieden. Die Hospitalisation wegen Pneumothorax pro 100.000 Einwohner betrug bei Männern 22,2 gegenüber 6,7 bei Frauen. Die höchste Inzidenz erreichte die Hospitalisationsrate infolge Pneumothorax beim Mann mit 25 Jahren. Danach kam es zu einem steilen Abfall bis zum 35. Lebensjahr, gefolgt von einem langsamen Anstieg der Inzidenz zu einem zweiten Gipfel um das 75. Lebensjahr. Der zweite Gipfel markiert das Maximum der Fälle des SSP in der Altersverteilung. Bei Frauen erreichte die Inzidenz mit dem 30. Lebensjahr ihr Maximum, das jedoch deutlich niedriger als bei jungen Männern liegt. Danach fiel die Kurve kontinuierlich bis zum hohen Alter ab. Die Anzahl der Pneumothoraces mit zugrunde liegenden Lungenerkrankungen zeigt in dieser Untersuchung einen Anstieg ab dem 45. Lebensjahr und übertrifft die Anzahl des PSP ab dem 60. Lebensjahr (Abb. 1 und 2).

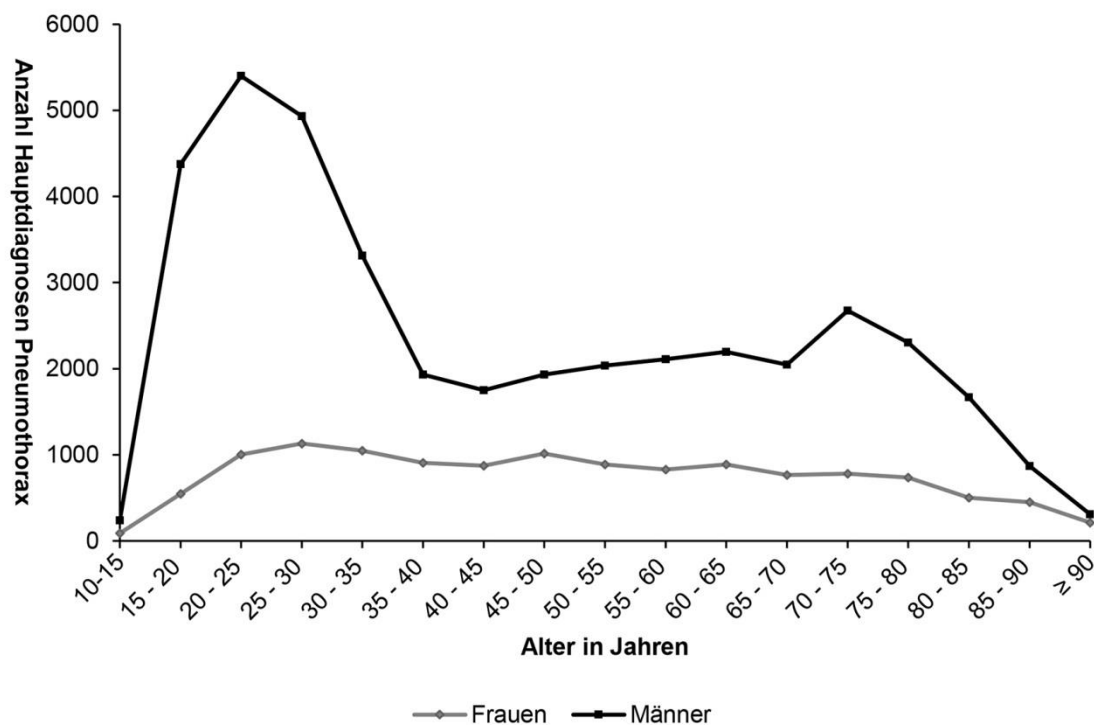


Abb.1: Stationäre Fälle mit Spontanpneumothorax (ICD J93) in Deutschland 2011 - 2015, alters- und geschlechtsdifferenziert, Daten des Statistischen Bundesamtes^[12]

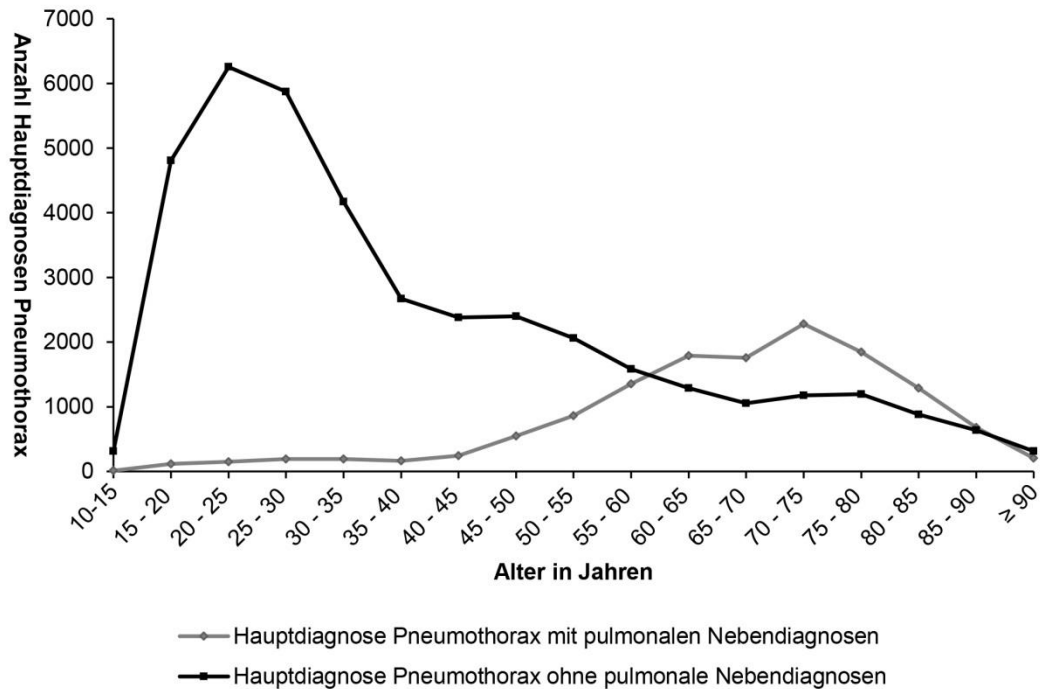


Abb.2: Altersverteilung der stationären Behandlungsfälle mit Hauptdiagnose Spontanpneumothorax mit und ohne pulmonalen Nebendiagnosen [Lungenkarzinom (C34), Pneumonie (J18), COPD (J44), interstitielle Lungenerkrankungen (J84)] in Deutschland 2011 – 2015. Daten Statistisches Bundesamt^[12]

1.2.2 Rezidivrate

Zur Rezidivrate des Spontanpneumothorax ist die Studienlage heterogen, die Rate liegt im ersten Jahr zwischen 5 und 49%, die meisten Studien geben 20-30% an (siehe auch Kapitel 3.6.1, Tab. 3 und 4). In einer epidemiologischen Studie aus Frankreich fand Bobbio^[11] bei einer Gesamtzahl von 32.618 Patienten bei verschiedenen Therapieformen zusammengefasst im ersten Jahr eine Rezidivrate von 26,5%. Brown stellte 2014 bei konservativ ohne Drainage/Punktion behandelten Pneumothoraces retrospektiv eine Rezidivrate von 5% im ersten Jahr fest, unter Drainagetherapie von 17%^[10]. Noppen^[34] beobachtete in einer prospektiven randomisierten Studie eine Rezidivrate von 26% ein Jahr nach Aspiration, nach Drainagetherapie im gleichen Zeitraum eine Rezidivrate von 27,3%. Eine aktuelle dänische prospektive Kohortenstudie^[35] wies eine Rezidivrate beim PSP von 54% nach Drainagetherapie auf, die mediane Beobachtungszeit betrug hier 3,6 Jahre. Eine prospektiv randomisierte Studie von Chen^[36] zeigte eine Rezidivrate des PSP nach einem Jahr von 29.2% vs. 49.1% nach Aspiration und Drainage mit vs. ohne Pleurodese mit Minocyclin. Hierbei betrugen die Erfolgsraten (nach Entfernung der Drainage innerhalb von 24h) nach einer Woche lediglich 86.8% vs 81.5%, sodass diese Fälle eher einem Therapieversagen als Rezidiven zugeordnet werden sollten.

Die Rezidivrate 5 Jahre nach Drainagetherapie war in einer retrospektiven Studie von Lippert^[37] beim sekundären Spontanpneumothorax mit 44% im Vergleich zum PSP mit 25% erhöht, in einer zweiten von Brown^[10] nach einem Jahr mit 13% beim SSP gegenüber dem PSP nicht signifikant gesteigert.

1.2.3 Letalität

Die Letalität im Rahmen der stationären Behandlung mit der Hauptdiagnose Pneumothorax bis zum 45. Lebensjahr ist extrem niedrig (Abb. 3), wie aktuelle Daten des Statistischen Bundesamtes^[12] ausweisen. Erkennbar ist ein deutlicher Anstieg der Krankenhaussterblichkeit ab dem 45. Lebensjahr. Diese steigt bis auf 16 % beim über 90-Jährigen Patienten an (Abb.2). In der Todesursachenstatistik aus gleicher Quelle^[12] zeigt sich eine höhere Letalität beim Spontanpneumothorax für Patienten über dem 45. Lebensjahr mit 1,3 % im Vergleich zu 0,03% bei Patienten unter dem 45. Lebensjahr. Die pulmonalen Nebendiagnosen steigen ab dem 45. Lebensjahr ebenfalls deutlich an. Für die Leitliniengruppe war dies die Grundlage für die prinzipielle Differenzierung der Diagnose in primären und sekundären Spontanpneumothorax in Abhängigkeit vom Alter (Abb.2). Eine retrospektive Studie von Tanaka 1993^[7] konnte eine erhöhte Morbidität und Letalität beim SSP im Vergleich zum PSP nachweisen.

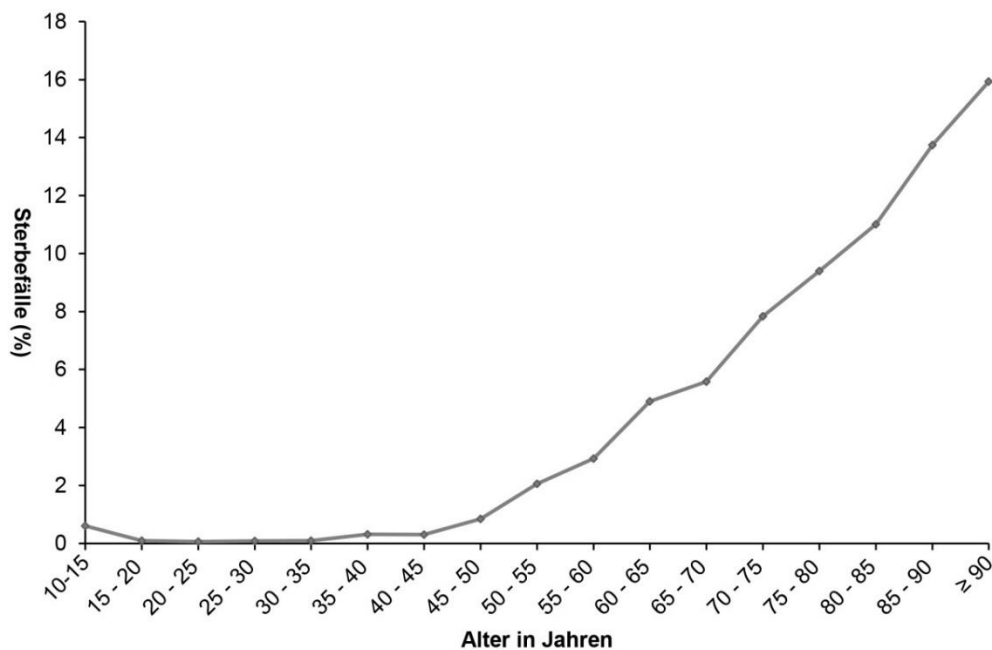


Abb. 3: Prozentualer Anteil der Sterbefälle an der Zahl der stationären Behandlungsfälle mit der Hauptdiagnose Spontanpneumothorax 2011 - 2015 in Deutschland, altersdifferenziert. Daten Statistisches Bundesamt^[12]

1.3 Klinische Präsentation

1.3.1 Symptome

S 2	Statement	2017
Statement	Symptome beim primären Spontanpneumothorax können minimal oder nicht vorhanden sein. Im Gegensatz dazu sind die Symptome beim sekundären Spontanpneumothorax ausgeprägter, auch wenn der Pneumothorax in der Bildgebung relativ klein erscheint.	
Evidenzgrad 2	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Miller 2008 ^[38] , O'Hara 1978 ^[39] , Wait 1992 ^[40] , Tanaka 1993 ^[7] , Vail 1960 ^[41] , Seremetis 1970 ^[42]	
	Konsensstärke: 93%	

Typische Symptome des Pneumothorax sind Thoraxschmerzen und Dyspnoe. Die Symptome können gering oder sogar nicht vorhanden sein^[38], so dass die Diagnose Pneumothorax immer differentialdiagnostisch einbezogen werden sollte. Viele Patienten, vor allem solche mit primärem Spontanpneumothorax, stellen sich bei geringen Beschwerden oft erst Tage nach Auftreten der ersten Symptome vor^[39]. Allgemein sind die klinischen Symptome des SSP schwerwiegender als die, die mit einem PSP assoziiert sind. Die meisten Patienten mit SSP leiden unter Luftnot unabhängig vom Ausmaß des Pneumothorax^[7, 40]. Die Symptome sind demnach keine verlässlichen Indikatoren für das Ausmaß des Pneumothorax^[41, 42]. Für die spezifischen Behandlungsempfehlungen (z.B. Drainage) ist das Symptom Luftnot entscheidender als Schmerzsymptome. Bei schwerwiegender Atemnot, begleitet von Schocksymptomen oder Halsvenenstauung muss ein Spannungspneumothorax in Betracht gezogen werden.

E 1	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Der Spannungspneumothorax ist ein lebensbedrohlicher Notfall und muss unverzüglich behandelt werden.	
Evidenzgrad 4	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Leigh-Smith 2005 ^[43]	
	Konsensstärke: 100%	

Der Spannungspneumothorax bei einem spontan atmenden Patienten ist ein seltenes Ereignis. Durch einen Ventilmechanismus im Bereich der Pleura visceralis entsteht Überdruck in der betroffenen Pleurahöhle. Als Folge davon ist der venöse Rückstrom zum Herzen kompromittiert. Durch eine Mediastinalverschiebung kommt es zusätzlich zu einer Kompression der gesunden Lunge auf der Gegenseite. Klinische Zeichen sind eine obere Einflusstauung, progrediente Dyspnoe und Hypotonie. Zur Behandlung dieser lebensbedrohlichen Situation ist sofort eine Drainage der erkrankten Pleurahöhle notwendig^[43]. Wesentlich häufiger als die genannte akute Symptomatik können radiologische Spannungszeichen vorliegen wie ein tiefer tretendes Zwerchfell auf der erkrankten Seite, eine Mediastinalverschiebung auf die gesunde Seite und eine Erweiterung der Intercostalräume auf der kranken Seite.

Ein PSP kann sich selten auch als spontaner Hämatothorax präsentieren. Durch den Abriss pleuraler Adhäsionen im Rahmen des Pneumothorax kann es zu einer Blutung in den Pleuraraum kommen. Die Inzidenz wird mit bis zu 5 % angegeben^[44]. Klinisch fallen die Patienten durch eine Vasokonstriktion (Blässe) mit Tachykardie und Blutdruckabfall auf.

1.3.2 Klinische Untersuchung

Das wesentliche Zeichen der klinischen Untersuchung ist das abgeschwächte Atemgeräusch auf der erkrankten Seite im Rahmen der Auskultation. Weitere Symptome können hyperesonorer Klopfschall auf der erkrankten Seite und ein pulssynchrones Klicken in der Auskultation sein^[38]. Selten tritt ein Weichteilemphysem auf. Eine basale Dämpfung in der Perkussion weist auf einen Hämatothorax hin. Tachykardie, Tachypnoe und Hypotonie können Zeichen eines spontanen Hämatothorax oder eines Spannungspneumothorax sein.

1.3.3 Apparative Untersuchungen

Die arteriellen Blutgase sind bei Patienten mit Pneumothorax häufig pathologisch. Bei 75 % der Patienten ist der arterielle Sauerstoffpartialdruck erniedrigt^[8]. Wenn die Sauerstoffsättigung bei Raumluft über 92 % liegt, ist keine arterielle oder kapilläre BGA beim PSP erforderlich. Das Ausmaß der Hypoxämie ist bei einem SSP ausgeprägter als bei einem PSP^[8, 10], außerdem besteht das Risiko der Hyperkapnie bei COPD Patienten, so dass Blutgasanalysen bei SSP nach klinischem Ermessen erwogen werden sollen. Lungenfunktionsuntersuchungen sind bei Verdacht auf Pneumothorax nicht indiziert.

Die Diagnose Pneumothorax wird durch bildgebende Verfahren validiert (s. Kapitel 2, bildgebende Diagnostik).

1.4 Begünstigende Faktoren für die Pneumothoraxentstehung

1.4.1 Rauchen

S 3	Statement	2017
Statement	Rauchen erhöht sowohl beim Gesunden als auch beim lungenkranken Patienten die Wahrscheinlichkeit, einen Pneumothorax zu entwickeln.	
Evidenzgrad 2	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Bense 1987 ^[45] , de Novo Recherche: Cheng 2009 ^[46] , Hobbs 2014 ^[47] Konsensstärke: 100%	

Rauchen erhöht die Wahrscheinlichkeit, einen Pneumothorax zu entwickeln. Das Risiko, bezogen auf die Lebenszeit, ist bei gesunden rauchenden Männern mit 12 % gegenüber 0,1 % bei Nichtrauchern erhöht^[45]. Histologisch konnte Cheng^[46] im Lungengewebe von rauchenden Patienten mit PSP eine Bronchiolitis nachweisen, die bei nichtrauchenden Patienten mit PSP nur in 49% auftrat. Bei Patienten mit einer vorbestehenden COPD erhöht Rauchen das Risiko für einen SSP^[47].

1.4.2 Körperbau und Habitus

Patienten mit einem primären Spontanpneumothorax sind tendenziell größer und schneller gewachsen als ihre gesunden Alterskameraden^[48]. Eine größere elastische Spannung des

Lungengewebes in der Lungenspitze bei diesen Patienten kann die größere Neigung zum PSP erklären^[49]. Bei aufrechter Körperhaltung besteht in der Pleura ein höherer Druckgradient zwischen Lungenbasis und Lungenspitze, der das Auftreten des PSP bei diesen Patienten begünstigt^[50].

1.4.3 Körperliche Aktivität und Sport

S 4	Statement	2017
Statement	Die Entstehung eines Pneumothorax ist nicht mit körperlicher Anstrengung korreliert.	
Evidenzgrad 3	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Bense 1987 ^[51]	
	Konsensstärke: 100%	

Es besteht keine Evidenz für einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Pneumothorax und körperlicher Anstrengung^[51]. Bei körperlicher Aktivität wie z.B. Heben schwerer Lasten oder einer Pressatmung erhöht sich der intrathorakale Druck. Dieser verteilt sich jedoch gleichmäßig über die gesamte Lunge und den Pleuraspalt. Der intrapleurale Druckgradient verändert sich dadurch also nicht.

1.4.4 Fliegen, Bergsteigen, Aufenthalt in großen Höhen

S 5	Statement	2017
Statement	Fliegen führt bei Patienten mit vorbestehenden Lungenerkrankungen nicht zu mehr Pneumothorax-Ereignissen als bei lungengesunden Passagieren.	
Evidenzgrad 4	Literatur: de Novo Recherche: Taveira-DaSilva 2009 ^[52] , Hu 2014 ^[53]	
	Konsensstärke: 100%	

Beim Fliegen und Aufenthalt in großen Höhen wird der menschliche Körper einem niedrigeren Luftdruck ausgesetzt als bei einem Aufenthalt auf Meeressniveau. Studien konnten jedoch zeigen, dass dies nicht zu einer vermehrten Rate an Spontanpneumothoraces führte^[52, 53].

1.4.5 Klimateffekte und Wetter

Es besteht keine Korrelation zwischen Klimateffekten, Jahreszeit oder Wetter und dem Auftreten des Spontanpneumothorax^[11, 54, 55].

1.4.6 Psychischer Stress und Ärger

Ein konkreter Zusammenhang für die Auslösung eines Pneumothorax durch psychosomatische Störungen konnte bisher nicht belegt werden^[56, 57].

1.5 Nachsorge

Bei Patienten mit einem Pneumothorax kann es nach der Drainage des Pneumothorax und Reexpansion der Lunge zu einem Reexpansionsödem der Lunge kommen. Klinisch zeigt sich dieses mit Husten, Atemnot, Brustenge und Auswurf von flüssigem Bronchialsekret. Radiologisch findet sich

ein einseitiges Lungenödem, das sich zu einem beidseitigen Lungenödem entwickeln kann. Es besteht die Gefahr eines akuten respiratorischen Versagens mit Hypoxämie und Beatmungspflichtigkeit. Das Risiko für ein Reexpansionsödem wird bestimmt durch das Ausmaß des Lungenkollaps und die Dauer des Pneumothorax vor der Drainage^[58].

E 2	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen Patienten bei Entlassung anzuweisen, sich im Falle von erneuter Atemnot oder Thoraxschmerzen umgehend wieder ärztlich vorzustellen.	
Evidenzgrad EK	Literatur: Expertenkonsens	
	Konsensstärke: 100%	

Alle Patienten mit einem Pneumothorax sollten unabhängig von der Durchführung der Behandlung darüber unterrichtet werden, sich erneut unverzüglich in einer Notaufnahme vorzustellen, wenn sie erneut pulmonale Beschwerden entwickeln.

Da keine Evidenz für ein Pneumothoraxrezidiv im Zusammenhang mit körperlicher Anstrengung besteht, kann der Patient dahingehend beraten werden, wieder arbeitsfähig zu werden und mit normaler körperlicher Arbeit fortzufahren, wenn alle Symptome zurückgebildet sind. Sport, der extreme körperliche Anstrengung und Körperkontakt erfordert, sollte zurückgestellt werden bis zur völligen Lungenentfaltung.

Patienten mit einem geschlossenen Pneumothorax, der konservativ behandelt wird, sollten solange nicht fliegen, bis eine vollständige Wiederausdehnung der Lunge mittels Röntgenthorax gesichert wurde^[59].

1.6 Rezidivprophylaxe

1.6.1 Primäre und sekundäre Prävention

E 3	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen, den Patienten über den Zusammenhang zwischen Rauchen und Entstehung eines Pneumothorax aufzuklären und eine Tabakentwöhnung anzubieten.	
Evidenzgrad 2	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Bense 1987 ^[45] de Novo Recherche: Cheng 2009 ^[46] , Hobbs 2014 ^[47] , AWMF, S3-Leitlinie "Screening, Diagnostik und Behandlung des schädlichen und abhängigen Tabakkonsums" 2015 ^[60]	
	Konsensstärke: 100%	

Rauchen erhöht die Wahrscheinlichkeit von lungengesunden Menschen und Patienten mit pulmonalen Vorerkrankungen, einen Pneumothorax zu entwickeln^[45-47]. Deshalb sollte auf das Rauchen verzichtet bzw. zu einer Tabakentwöhnung geraten werden. Es ist davon auszugehen, dass bei circa 50 % der Raucher ein klinisch bedeutsames Abhängigkeitssyndrom besteht, das in der Regel

nicht ohne therapeutische Intervention beendet werden kann. Mit den entsprechenden Empfehlungen der S3-Leitlinie "Screening, Diagnostik und Behandlung des schädlichen abhängigen Tabakkonsums" bzw. der S3-Leitlinie Tabakentwöhnung bei COPD“ sollten die Angebote zu einer professionell geleiteten Raucherentwöhnungsbehandlung unterbreitet werden^[60, 61].

E 4	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Tauchen sollte dauerhaft vermieden werden, es sei denn, der Patient hat sich einer offenen chirurgischen bilateralen Pleurektomie unterzogen und eine normale Lungenfunktion sowie ein postoperative CT Untersuchung des Thorax.	
Evidenzgrad 3	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Ziser 1985 ^[62] , BTS guidelines on respiratory aspects of fitness for diving 2003 ^[63]	
	Konsensstärke: 100%	

Nach einem Pneumothorax sollte dauerhaft vom Tauchen mit Überdruckflaschen (Scuba diving) abgeraten werden^[62], es sei denn, eine offene chirurgische Pleurektomie in beiden Pleurahöhlen wurde durchgeführt^[63].

2 Bildgebung des Pneumothorax

Die folgenden bildgebenden Verfahren werden für die Diagnostik und Behandlung des Pneumothorax angewendet:

Standardisierter Röntgen-Thorax p.a. im Stehen

Röntgen-Thorax seitlich

Röntgen-Thorax in Expiration

Röntgen-Thorax im Liegen

Ultraschalluntersuchung des Thorax

CT Thorax

2.1 Röntgenthorax

E 5	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen eine p.a.- Röntgenaufnahme des Thorax im Stehen in Inspiration für die initiale Diagnosestellung des Pneumothorax.	
Evidenzgrad 1	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Seow 1996 ^[64] de Novo Recherche: Thomsen 2014 ^[65]	
	Konsensstärke: 100%	

2.1.1 Röntgen-Thorax p.a. im Stehen in Inspiration

Diese Aufnahme ist die Bildgebung der ersten Wahl bei der Fragestellung nach primärem und sekundärem Pneumothorax. Das diagnostische Charakteristikum ist die Verlagerung der Pleuralinie (Lungenbegrenzung durch die Pleura visceralis) mit fehlendem Nachweis einer Lungengefäßzeichnung. Auch die Darstellung eines Weichteilemphysems ist bei der Diagnosefindung hilfreich.

Eine Schwierigkeit besteht in der genauen Bestimmung des Ausmaßes des Pneumothorax. Das Vorhandensein von bullösen oder zystischen Lungenveränderungen kann zur fälschlichen Diagnose eines Pneumothorax führen. Bei Unsicherheiten ist eine CT-Untersuchung in Abhängigkeit von der klinischen Relevanz zu überlegen.

Digitale Röntgenaufnahmen haben konventionelle Röntgen-Thorax Aufnahmen innerhalb der Krankenhäuser in den letzten Jahren ersetzt. Damit hat sich zwar die Ortsauflösung reduziert, aber die mit dieser Technik möglichen Vergrößerungen, Messfunktionen und Kontrasteinstellungen, erleichterte Versendung, Speicherung und Reproduktion sind vorteilhaft. In den letzten Jahren hat es viele technische Fortschritte gegeben, wodurch die digitale Bildgebung nun genauso verlässlich ist wie die konventionelle Röntgen-Aufnahme in der Diagnostik des Pneumothorax.

Die Aufnahmen sollten an den ausgewiesenen Befundungskonsolen beurteilt werden, da es Unterschiede zwischen den Geräteausstattungen (Bildschirmgröße, Pixelzahl, Kontrast und Lumineszenz) und damit auch bezüglich der Sensitivität von Fachbereichsgeräten einerseits und mobilen Desktops sowie Bedienpulten im Stationsbetrieb andererseits bestehen, was die Diagnosestellung beeinträchtigt.

2.1.2 Röntgen- Thorax seitlich

In einer älteren Studie ergab die seitliche Aufnahme bei 14 % der Patienten eine hilfreiche Ergänzung zum p.a.-Bildt^[66]. Die seitliche Aufnahmetechnik ist heutzutage bei der alleinigen Fragestellung „Pneumothorax“ und beim PSP unüblich, allerdings beim SSP und anderen Fragestellungen indiziert.

2.1.3 Röntgen- Thorax p.a. im Stehen in Expiration

In vielen Kliniken werden diese Aufnahmen mit der Fragestellung nach Pneumothorax immer noch angewendet. Diese Aufnahmen lassen jedoch keine zusätzlichen Vorteile in der routinemäßigen Beurteilung eines Pneumothorax erwarten und werden deswegen nicht empfohlen^[64, 65, 67, 68].

Dagegen bietet die Untersuchung in Inspiration einen Vorteil bei der Beurteilung des Lungenparenchyms zum Ausschluss anderer pulmonaler Erkrankungen.

2.1.4 Röntgen- Thorax im Liegen a.p. und seitlich

Diese bildgebenden Verfahren werden bei Patienten auf Intensivstation eingesetzt. Die Aufnahmen sind weniger sensitiv für die Diagnose eines Pneumothorax, als die p.a. Röntgen-Thorax-Aufnahme im Stehen^[69, 70]. Der subpulmonale Pneumothorax kann sich in der Liegendaufnahme durch eine Verbreiterung des costophrenischen Winkels (deep-sulcus-sign) darstellen^[71-73]. Schwerer erkennbar ist ein ventraler Pneumothorax, welcher sich ab einer bestimmten Ausdehnung als Verschärfung der Mediastinal-/Herzkontur darstellt. Vor allem für Patienten, die nicht stehen können, werden die

Röntgenuntersuchungen im Liegen durch Ultraschalluntersuchungen sowie CT-Thorax-Untersuchungen ergänzt.

2.2 Ultraschalluntersuchung

E 6	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad B	Wir schlagen vor, zum Ausschluss eines Pneumothorax alternativ zum Röntgen-Thorax bei ausreichender Qualifikation des Untersuchers eine Ultraschalluntersuchung durchzuführen, insbesondere postinterventionell.	
Evidenzgrad 2	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Sartori 2007 ^[74] de Novo Recherche: Alrajab 2013 ^[75] , Alrajhi 2012 ^[76] , Ding 2011 ^[77] , Jalli 2013 ^[78] , Shostak 2013 ^[79] , Vezzani 2010 ^[80] , Volpicelli 2014 ^[81] , Xirouchaki 2011 ^[82]	
	Konsensstärke: 100%	

Der thorakale Ultraschall findet insbesondere in der Traumatologie und Intensivmedizin zunehmenden Einsatz in der Diagnostik des Pneumothorax. Es sind zahlreiche Studien veröffentlicht worden, die gezeigt haben, dass der Ultraschall in der Traumadiagnostik einen hohen Stellenwert aufweist und dem Röntgen-Thorax im Liegen zum Ausschluss eines Pneumothorax sogar überlegen ist (Tabelle S1, Supplement). In einer Metaanalyse von 13 Studien^[75] wurde der thorakale Ultraschall mit dem Röntgen-Thorax verglichen, wobei das CT-Thorax als Referenzmethode eingesetzt wurde. Dabei erreichte der Ultraschall eine Sensitivität und Spezifität von 78 bzw. 98 % und der Röntgen-Thorax von 39 und 99 %, mit der Einschränkung, dass ausschließlich Traumapatienten untersucht wurden. Ein weiterer Einsatzbereich des Ultraschalls ist die postinterventionelle Diagnostik. Es wurden eine höhere Sensitivität und Spezifität der Technik im Vergleich zur Röntgenaufnahme im Liegen gefunden.

Das wesentlichste sonographische Kriterium für einen Pneumothorax ist das Fehlen der Atemverschieblichkeit der Lunge bei der dynamischen Untersuchung, das sog. Lungengleiten. Mittels Power-Doppler kann diese Aussagekraft verbessert werden. Andere sonographische Kriterien sind ein nicht detektierbarer Pleuraspalt, der fehlende Nachweis eines sogenannten „Kometenschweif“-Artefaktes, das Auftreten von Wiederholungsechos und die Darstellung eines sogenannten „lung point“ (Übergang zwischen Pneumothorax und lufthaltiger Lunge mit Kontakt zur Brustwand)^[83]. Dieser ist das sicherste Kriterium für den Nachweis eines Pneumothorax im Ultraschall. Es gibt jedoch technische Einschränkungen der Methode wie z.B. bei Weichteilemphysem, Adipositas, subpleuralen Bullae, pleuralen Verwachsungen und durch nicht für Ultraschall zugängliche Regionen wie subscapulär oder retrosternal. Die Diagnosesicherheit des Ultraschalls ist zudem stark von der Qualifikation des Untersuchers abhängig. Das Ausmaß eines Pneumothorax kann sonographisch nicht dargestellt werden.

2.3 CT Thorax

E 7	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad	Wir schlagen vor, nur bei unklaren Befunden, komplizierenden	

B	Konstellationen oder Verdacht auf sekundären Spontanpneumothorax eine CT Untersuchung durchzuführen.
Evidenzgrad EK	Literatur: Expertenkonsens
	Konsensstärke: 100%

Die Computertomographie ist der Goldstandard für die Darstellung und Beurteilung des Lungenparenchyms. Die CT bietet nicht nur eine Erkennbarkeit von kleinen Pneumothoraces, sondern auch die Beurteilung der genauen Ausdehnung. Der größte Vorteil dieser Untersuchung ist die Identifikation der zugrundeliegenden Bullae, von Parenchymerkrankungen sowie von Fehllagen der Thoraxdrainagen. Eine HRCT-Auflösung (1 mm Schichtdicke mit lückenloser Abdeckung der gesamten Lunge) ist zu fordern, bietet sie doch eine höhere Sensitivität in der Erkennung von subpleuralen Bullae (Sensitivität 94-97 %) als ein Routine-Spiral-CT mit Rekonstruktionen in 5 mm Schichtdicke (Sensitivität 63-57 %)^[84] oder noch größerer Schichtdicken wie in älteren Studien^[85]. Das Risiko für einen rezidivierenden ipsilateralen Spontanpneumothorax bei Patienten mit und ohne Bullae im CT lag bei 68 bzw. 6,1 %. Das Risiko für einen kontralateralen Pneumothorax lag bei 19 bzw. 0 %^[86]. Zudem bieten die modernen CT die Möglichkeit der multiplanaren Rekonstruktion für eine genaue Beurteilung der Ausdehnung des Pneumothorax.

2.3.1 Indikation zum CT Thorax

Die Indikation für eine CT-Untersuchung sind unklare Befunde, komplizierende Konstellationen wie z.B. initiales Weichteilemphysem, initialer Hämatothorax, schwere Begleiterkrankung, thorakale Voroperationen oder Pneumothoraxrezidiv oder zur Parenchymbeurteilung bei Verdacht auf einen sekundären Spontanpneumothorax. Eine Kontrastmittelgabe für die Beurteilung des Lungenparenchyms ist nicht erforderlich.

In Anbetracht der epidemiologischen Daten incl. Letalität und Nebenerkrankungen ist erkennbar, dass ab dem 45. Lebensjahr sowohl Letalität als auch Nebenerkrankungen ansteigen. Ein Einsatz des Computertomogramms des Thorax zur weiterführenden Diagnostik beim Pneumothorax ab diesem Lebensalter scheint sinnvoll, erlaubt es doch den Nachweis oder Ausschluss einer begleitenden Lungenerkrankung. Es trägt damit zu der Definition von primärem oder sekundärem Spontanpneumothorax wesentlich bei unter Beeinflussung der weiteren diagnostischen und therapeutischen Strategie. Ein Computertomogramm des Thorax ist mit einer deutlich höheren Strahlenbelastung als eine Röntgenübersichtsaufnahme verbunden. Eine deutliche Reduktion der Strahlenbelastung ist auch in der CT möglich, wenn neueste kommerziell erhältliche Techniken angewendet werden. Dies ist jedoch nicht überall verfügbar, so dass keine Empfehlung für den primären Einsatz einer CT gegeben werden kann^[87].

2.4. Ausmaß des Pneumothorax

E 8	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen die Ausdehnung des Pneumothorax an Hand einer Röntgen-Thorax Aufnahme p.a. in Inspiration entsprechend der Abbildung 2 (Formel von Collins) abzuschätzen.	

	Ein großer Pneumothorax wird angenommen, wenn die Summe der Messwerte ≥ 4 cm ist. (siehe Abb.4)
Evidenzgrad EK	Literatur: Collins 1995 ^[88]
	Konsensstärke: 100%

Die Ausdehnung des Pneumothorax ist für seine akute Behandlung weniger ausschlaggebend als die Symptomatik des Patienten, da die Größe des Pneumothorax nicht immer mit der klinischen Symptomatik korreliert. Trotzdem stellt das Ausmaß des Pneumothorax einen wichtigen Indikator für eine prolongierte Fistelung nach Thoraxdrainagenanlage und die Rezidivrate nach konservativer Behandlung dar. Das Ausmaß sollte deshalb für die primäre Beurteilung des Pneumothorax bestimmt und verwertet werden^[89, 90]

Die Ausdehnung des Pneumothorax wird als erstes im Röntgen-Thorax p.a. bestimmt, obwohl diese zweidimensionale Methode zu einer Unterschätzung der tatsächlichen dreidimensionalen Pneumothoraxgröße führen kann. Daher wird empfohlen, die intrapleurale Abstände im Bereich des Apex und lateral an den Mittelpunkten der oberen und unteren Hälfte der kollabierten Lunge auszumessen (Abb. 4), um Anhand einer Formel das Volumen des Pneumothorax besser abzuschätzen zu können^[88]. Die Summe der Messwerte von 4 cm entspricht einem Pneumothorax von 20 % des Hemithoraxvolumens. Dieser Wert entspricht auch dem Grenzwert für die Definition kleiner Pneumothorax und großer Pneumothorax.

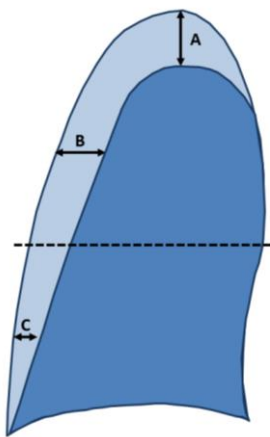


Abb. 4: Berechnung der Größe des Pneumothorax an Hand einer Röntgen-Thorax Aufnahme p.a. in Inspiration: $\text{Pneumothorax \%} = 4.2 + 4.7 \times (A+B+C)$. Dafür misst man die interpleuralen Abstände am Apex (A), lateral an den Mittelpunkten der oberen (B) und unteren (C) Hälfte der kollabierten Lunge (Collins^[88]).

Eine genauere Berechnung des Pneumothoraxvolumens ist mit dem Thorax-CT als dreidimensionaler Methode möglich, entweder durch zeitintensive manuelle Segmentierung oder als automatische Segmentierung bei Verwendung spezieller Software. Die Exaktheit der Methode hat allerdings keinen klinischen Mehrwert in der Behandlungsstrategie.

3 Behandlung des primären Spontanpneumothorax

Der primäre Spontanpneumothorax (PSP) tritt bei Patienten ohne klinischen Hinweis auf zugrundeliegende Lungenerkrankungen auf. Obwohl fast immer histologische Auffälligkeiten nachweisbar sind, insbesondere assoziiert mit dem Zigarettenrauchen, haben sich diese klinisch nicht in Form von Symptomen oder Lungenfunktionsverlust manifestiert. Die Abgrenzung zum SSP ist wichtig, da der PSP mit weniger Dyspnoe assoziiert ist. Auch hinsichtlich Therapieumfang und Therapieerfolg unterscheidet sich der PSP vom SSP.

Die diagnostisch/therapeutischen Entscheidungen, die in den folgenden Abschnitten dargelegt werden, zeigt der Algorithmus in Abbildung 5.

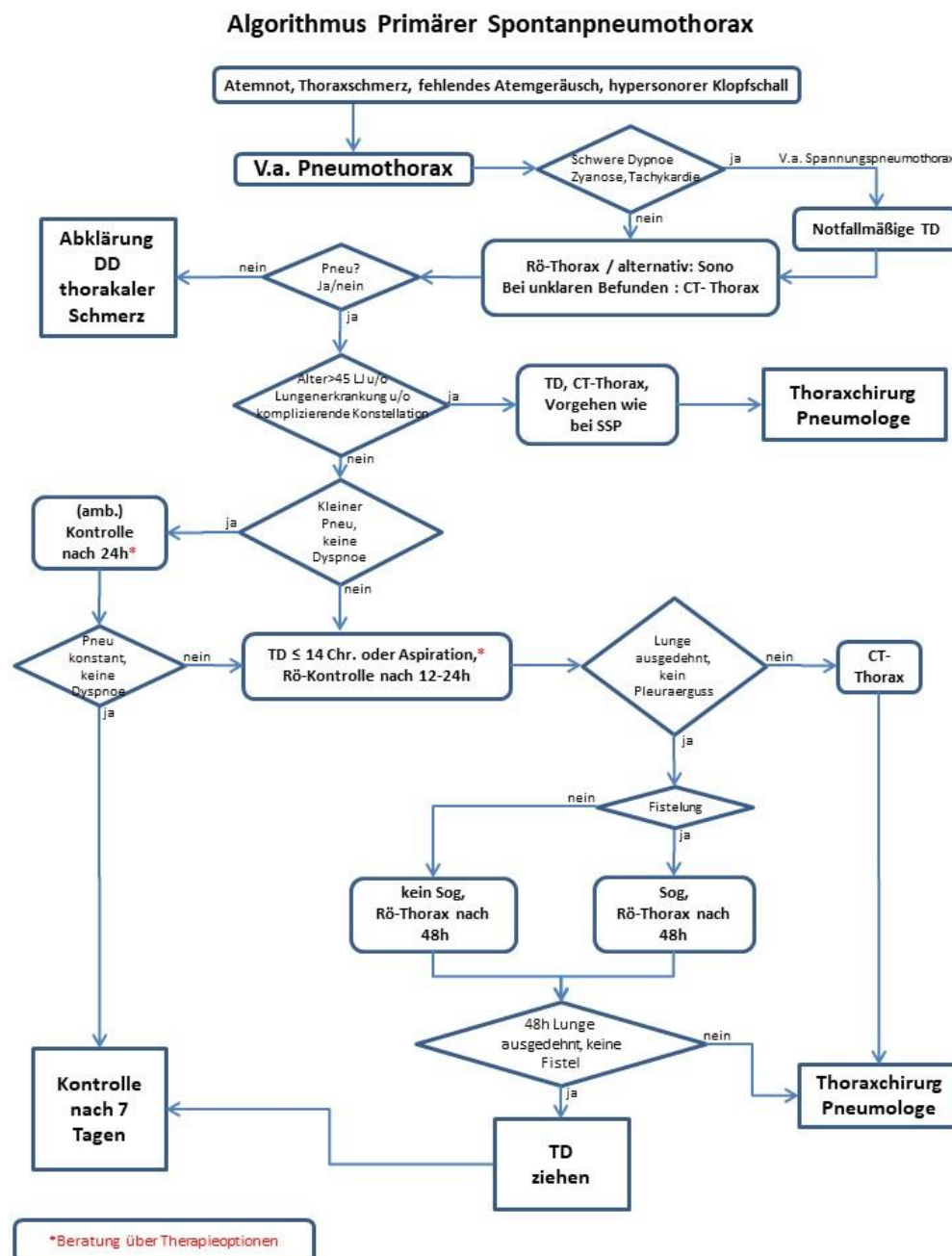


Abb. 5: Ablaufdiagramm zum PSP (DD: Differentialdiagnose; TD: Thoraxdrainage)

3.1 Allgemeine Behandlungsstrategie

E 9	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen, zur Festlegung einer Behandlungsstrategie des PSP das Ausmaß des Pneumothorax, die Anamnese (Erstereignis / Rezidiv) und auch die klinische Symptomatik heranzuziehen.	
Evidenzgrad 3	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Flint 1984 ^[91] , Stradling 1966 ^[92] , Hart 1983 ^[93] , O'Rourke 1989 ^[94] de Novo Recherche : Chiu 2014 ^[95] , Ryu 2009 ^[90] , Brown 2014 ^[10]	
	Konsensstärke: 100%	

E 10	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen Patienten mit PSP und Atemnot unabhängig von der Größe des Pneumothorax interventionell zu behandeln.	
Evidenzgrad 3	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: O'Rourke 1989 ^[94] de Novo Recherche : Chiu 2014 ^[95] , Ryu 2009 ^[90]	
	Konsensstärke: 100%	

E 11	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Bei Patienten ohne Atemnot und kleinem PSP empfehlen wir die Verlaufsbeobachtung.	
Evidenzgrad 3	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Flint 1984 ^[91] , Stradling 1966 ^[92] , Hart 1983 ^[93]	
	Konsensstärke: 100%	

Nach Diagnose eines PSP sollte mit dem Patienten ein ausführliches Gespräch über die Therapiemöglichkeiten und deren Vor- und Nachteile geführt werden. Es existieren keine hochwertigen evidenzbasierten Untersuchungen zur Indikationsstellung verschiedener therapeutischer Maßnahmen^[96]. Die vorhandenen Studien greifen in der Regel nur einen Aspekt des Behandlungserfolges heraus, ohne andere Aspekte wie Lebensqualität, Langzeitergebnisse oder Komplikationen angemessen zu berücksichtigen. Aus diesem Grunde sollte die Indikation zur Intervention in Abhängigkeit von Symptomen, Pneumothorax-Historie, radiologischen Kriterien, Berufsanamnese und Patientenwunsch gestellt werden, zumal im Gegensatz zum SSP selten eine vitale Gefährdung vorliegt.

Ein konservatives Vorgehen bei einem kleinen PSP hat sich als sicher erwiesen^[10, 91-93]. Patienten, die keine Atemnot haben, können ambulant behandelt werden mit dem Hinweis zur Wiedervorstellung bei Zunahme der Symptome. Ausgewählte asymptomatische Patienten mit großem PSP können ebenfalls nur beobachtet werden^[91]. Eine elektive Wiedervorstellung ist ratsam, um den radiologischen Verlauf zu kontrollieren. Die Korrektur einer arteriellen Hypoxämie^[97] ist angezeigt. Die potentielle tägliche Reduktionsrate des Spontanpneumothorax wurde auf 1,25 bis 2,2 % des Gesamtvolumens des Hemithorax geschätzt^[91, 98, 99]. Die spontane vollständige Ausdehnung eines kompletten Pneumothorax kann 6 Wochen, bei Vorhandensein eines persistierenden Luftlecks sogar noch länger dauern. Aus diesem Grunde ist eine wöchentliche Kontrolle durch einen Röntgen-Thorax

zur Dokumentation der Resorption ausreichend bei beschwerdefreien Patienten. Die Sauerstoffapplikation in hohen Flussraten bis zu 16l/Minute hat in einer Publikation zu einer vierfachen Steigerung der Resorptionsrate des Pneumothorax geführt^[100]. Eine allgemeine Empfehlung zur Sauerstoffapplikation für die konservative Pneumothoraxtherapie kann jedoch nicht gegeben werden.

Atemnot und ein ausgedehnter Pneumothorax sind therapierelevante Befunde^[10, 90, 95]. Die ausschließliche Beobachtung eines Patienten mit Atemnot ist nicht angemessen. In diesem Fall sind aktive Interventionen (Nadelpunktion oder Anlage einer Thoraxdrainage) erforderlich. Merkliche Atemnot bei Patienten mit kleinem Spontanpneumothorax könnte einen Spannungspneumothorax ankündigen^[94].

Sowohl der bilaterale PSP als auch der Spannungspneumothorax sind potentiell lebensbedrohliche Ereignisse, die aufgrund der bestehenden bzw. zu erwartenden Atemnot bzw. Kreislaufdepression eine unmittelbare Intervention (Anlage einer Thoraxdrainage) erforderlich machen.

3.2 Ambulante / stationäre Behandlung

E 12	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen, Patienten mit bilateralem PSP oder Spannungspneumothorax notfallmäßig im Krankenhaus aufzunehmen.	
Evidenzgrad EK	Literatur: Expertenkonsens	
	Konsensstärke: 93%	

E 13	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad B	Wir schlagen vor, Patienten mit kleinem PSP ohne Atemnot nach Evaluation ambulant zu behandeln unter der Voraussetzung einer Wiedervorstellung innerhalb von 24 h.	
Evidenzgrad 3	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Flint 1984 ^[91] , Stradling 1966 ^[92] , Hart 1983 ^[93] , O'Rourke 1989 ^[94] de Novo Recherche: Massongo ^[101]	
	Konsensstärke: 87%	

Patienten mit primärem bilateralem PSP oder Spannungspneumothorax haben in der Regel eine ausgeprägte klinische Symptomatik. Sie sollten primär bis zur Stabilisierung der kardiorespiratorischen Parameter stationär behandelt werden. In diesen Fällen wird gleichzeitig auch die Anlage einer Thoraxdrainage empfohlen.

Asymptomatische Patienten mit kleinem PSP können hingegen ambulant behandelt werden^[91-94, 101]. Es wird eine klinische und radiologische Kontrolle nach 24 Stunden empfohlen. Die Resorption des Pneumothorax kann in wöchentlichen Abständen durch eine Röntgenthorax-Übersichtsaufnahme dokumentiert werden^[91-93, 101].

Patienten mit großem PSP können ebenfalls ambulant mit Hilfe kleinlumiger Thoraxdrainagen (8 – 14 Ch.) betreut werden. Hierzu sind eine entsprechende Selektion der Patienten sowie ein entsprechendes Nachsorgeprogramm notwendig. In Studien mit entsprechend strenger Patientenselektion war eine ambulante Behandlungsquote bis zu 50 % möglich^[101-104].

3.3 Pneumologische und thoraxchirurgische Beurteilung

E 14	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad B	Wir schlagen vor, Patienten mit PSP und komplizierender Konstellation (z.B. initiales Weichteilemphysem, initialer Hämato-pneumothorax, schwere Begleiterkrankung, antikoagulative Medikation, thorakale Voroperationen oder Pneumothoraxrezidiv) innerhalb der ersten 24h einem Pneumologen / Thoraxchirurgen vorzustellen.	
Evidenzgrad EK	Literatur: Expertenkonsens	
	Konsensstärke: 100%	

Patienten mit einer komplizierenden Konstellation (z.B. initiales Weichteilemphysem, initialer Hämato-pneumothorax, schwere Begleiterkrankung, antikoagulative Medikation, thorakale Voroperationen oder Pneumothoraxrezidiv), Komplikationen in der Therapie des Pneumothorax (z.B. Weichteilemphysem, Hämatothorax, Drainagefehl-lage) oder Misserfolge in der Therapie (z.B. mangelnde Reexpansion, persistierende Luftleckage über 48 Stunden) sollten einem Pneumologen oder Thoraxchirurgen vorgestellt werden. Solche Patienten benötigen häufig eine länger liegende Thoraxdrainage mit komplexem Drainagemanagement und ggf. eine Operation und somit die Anbindung an einen Thoraxchirurgen^[105]. Ebenfalls wird empfohlen, dass das Thoraxdrainagenmanagement von Pflegekräften mit entsprechender Expertise durchgeführt wird.

3.4 Nadelaspiration / Drainagetherapie

E 15	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Bei behandlungsbedürftigem PSP empfehlen wir die Aspiration oder eine kleinlumige (≤14 Ch.) Thoraxdrainage als primäre Behandlung.	
Evidenzgrad 1	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Noppen 2002 ^[34] , Harvey 1994 ^[106] , Ayed ^[107] , Masood 2007 ^[108] , Devanand 2004 ^[109] , Zehatabchi 2008 ^[110] , Wakai 2007 ^[111] , Vedam 2003 ^[112] , de Novo Recherche: Ho 2011 ^[104] , Aguinagalde 2010 ^[113] , Nishiuma 2012 ^[114] , Iepsen 2013 ^[115] , Benton 2009 ^[116]	
	Konsensstärke: 93%	

E 16	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen die Anlage einer Thoraxdrainage nach erfolgloser Aspiration.	
Evidenzgrad	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Noppen 2002 ^[34]	

1	de Novo Recherche: Aguinalde 2010 ^[113] , Nishiuma 2012 ^[114]
	Konsensstärke: 93%

E 17	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Zur Soforttherapie des bilateralen PSP oder Spannungspneumothorax muss eine Thoraxdrainage angelegt werden.	
Evidenzgrad EK	Literatur: Expertenkonsens	
	Konsensstärke: 100%	

Die Nadelaspiration als auch die Anlage einer kleinumigen Thoraxdrainage (≤ 14 Ch.) sind zwei etablierte Verfahren zur Behandlung eines PSP. Beide Verfahren wurden in mehreren prospektiv randomisierten Studien^[34, 104, 106-108], systematischen Übersichtsarbeiten^[109, 111, 113] und Meta-Analysen^[110, 113] untersucht. Die primäre Behandlungsmethode (Nadelaspiration oder kleinumige Thoraxdrainage) zeigte in einem aktuellen Cochrane Review^[117] von 6 RCT's eine bessere primäre Erfolgsrate der Drainageanlage, während der stationäre Aufenthalt nach Aspiration kürzer ist. Keine signifikanten Unterschiede bestanden in der Hospitalisationsrate, der Rezidivrate nach einem Jahr, und in der Patientenzufriedenheit.

Falls eine Nadelaspiration durchgeführt wird, ist die Behandlung nach Aspiration von mehr als 2,5 Liter Luft als unzureichend zu betrachten^[34]. Die Nadelaspiration ist weniger schmerzhaft als die Anlage einer Thoraxdrainage^[106]. Bei Misserfolg (ca. 30 % der Patienten) wird jedoch eine zweite Prozedur in Form einer Thoraxdrainage erforderlich^[34, 113].

Kleinlumige Thoraxdrainagen (≤ 14 Ch.) bieten dieselbe Erfolgsrate wie großlumige Thoraxdrainagen (>14 Ch.)^[112, 116] und sind dabei weniger schmerzhaft^[118] und mit einer geringeren Komplikationsrate verbunden^[115, 116]. Sowohl die Drainagedauer^[115, 119] als auch die stationäre Behandlung war bei Patienten mit kleinumigen Drainagen kürzer^[115, 116].

E 18	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen, bei Patienten mit PSP und hohem Rezidivrisiko bzw. persistierendem Pneumothorax, die inoperabel sind oder eine operative Therapie ablehnen, eine Pleurodese über eine liegende Thoraxdrainage.	
Evidenzgrad 1	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Almind 1989 ^[120] , Light 1990 ^[121] de Novo Recherche: Chen 2013 ^[36] , Agarwal 2012 ^[122] , How 2014 ^[123]	
	Konsensstärke: 100%	

Durch eine Pleurodese über die Thoraxdrainage kann die Rezidivrate des Pneumothorax gesenkt werden. Die Rezidivrate ist jedoch auch nach Pleurodese deutlich höher als nach operativer Behandlung des Pneumothorax, so dass die Pleurodese insbesondere für Patienten mit Kontraindikation zur operativen Versorgung in Frage kommt sowie für Patienten, welche die Operation ablehnen. Mögliche Substanzen zur chemischen Pleurodese sind graduiertes Talkum^[120], Tetrazykline^[36, 120, 121, 123], Povidon-Jod^[122] und Eigenblut^[124]. Die Substanzen wurden in mehreren Studien getestet und erreichten durchgehend eine Senkung der Rezidivrate im Vergleich zur alleinigen Thoraxdrainagenbehandlung. Durch Induktion einer Pleuritis mit nachfolgender

Entzündungsreaktion finden sich als häufige Begleiteffekte Schmerzen, Fieber, Ergüsse, seltener Pleuraempyeme und Lungenversagen. Diese möglichen Nebenwirkungen und teilweise erheblichen Komplikationen müssen in jedem Fall bei der Indikation zur chemischen Pleurodesis Beachtung finden. Mit der Einführung der thorakoskopischen Pneumothoraxbehandlung zur Rezidivprävention kommen chemische Pleurodesen über die liegende Thoraxdrainage signifikant seltener zum Einsatz.

3.5 Sogtherapie

E 19	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen die Sogtherapie nach Reexpansion nicht routinemäßig durchzuführen.	
Evidenzgrad 1	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: So 1982 ^[125] , Sharma 1988 ^[126] , Reed 2007 ^[127]	
	Konsensstärke: 93%	

Symptomatische Pneumothoraces mit einem großen Lungenkollaps bedingen eine Thoraxdrainagenanlage mit Sog^[128]. Indikation für die Anlage eines Sogsystems ist ebenfalls ein persistierendes Luftleck (mehr als 48 Stunden bei liegender Drainage) mit oder ohne inkomplette Reexpansion der Lunge. Eine Evidenz für den routinemäßigen Gebrauch von Sog besteht nicht^[125-127].

Das Ziel einer Sogbehandlung ist die Herstellung und Aufrechterhaltung eines negativen Drucks in der Pleurahöhle. Es wird angenommen, dass ein optimaler Sog einen Druck von -10 bis -20 cm H₂O aufweisen sollte^[129]. Digitale Systeme, kontinuierliche Messung und Erfassung von Luftleckagen ermöglichen ein modernes Drainagemanagement mit Verkürzung der Drainagezeit, der stationären Aufenthaltsdauer und Verringerung der Behandlungskosten^[130].

Nach Anlage einer Thoraxdrainage kann ein Reexpansionsödem auftreten. Die Inzidenz des Lungenödems hängt von Ausdehnung und Dauer des Pneumothorax ab^[58, 131] und beträgt bis zu 14%, wobei die meisten Fälle subklinisch verlaufen^[131]. Klinische Manifestationen sind Husten, Atemnot, Brustenge und Auswurf von flüssigem Bronchialsekret. In sehr seltenen Fällen kommt es zu einer Ausdehnung des Lungenödems auf beide Lungen mit Intubationspflichtigkeit^[132]. Patienten mit oben genannten klinischen Beschwerden sollten bis zum Abklingen der Symptome intensivmedizinisch überwacht werden.

3.6 Operation des PSP

3.6.1 Indikation zur operativen Versorgung des primären Spontanpneumothorax

E 20	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen die Indikation zur Operation anhand von Rezidivrisiko, Lebensumständen, Patientenpräferenzen und Prozedurenrisiko zu	

	stellen.
Evidenzgrad EK	Literatur: Expertenkonsens
	Konsensstärke: 100%

E 21	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen bei spontanem Hämatothorax die primäre operative Therapie.	
Evidenzgrad 3	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Luh 2007 ^[133] , Hwong 2004 ^[134]	
	Konsensstärke: 100%	

S 6	Statement	2017
	Folgende Faktoren erhöhen das Rezidivrisiko eines PSP: großer Pneumothorax, radiologisch-pathologische Veränderungen von Lunge oder Pleura, Rezidivpneumothorax	
Evidenzgrad 4	Literatur: de Novo Recherche: Chiu 2014 ^[95] , Ryu 2009 ^[90] , Chou 2010 ^[135] , Tat 2014 ^[136] , Ganesalingam ^[137]	
	Konsensstärke: 100%	

E 22	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen die Operation bei persistierendem Luftleck oder unvollständiger Reexpansion unter Sogtherapie und Rezidivpneumothorax nach Aspiration oder Thoraxdrainagenbehandlung.	
Evidenzgrad EK	Literatur: Expertenkonsens	
	Konsensstärke: 93%	

Bei Diskussion der Therapieoptionen mit dem Patienten sind insbesondere die Rezidivhäufigkeiten in Abhängigkeit von der Therapie (konservativ/operativ) darzustellen (s. Tabelle 3.1). Der geringen Rezidivrate nach Operation stehen die Risiken der Operation mit postoperativen Komplikationen und Nebenwirkungen wie chronischer Schmerz^[138, 139] gegenüber. Die Indikation zur Operation sollte differenziert in Abhängigkeit von Symptomen, Pneumothoraxhistorie, radiologischen Kriterien, Berufsanamnese und Patientenwunsch gestellt werden (s. Tabelle 3.1).

Es gibt keine Evidenz für den idealen Zeitpunkt zur thoraxchirurgischen Intervention bei persistierender Luftleckage oder mangelnder Reexpansion der Lunge. Eine OP-Indikation wurde in der Vergangenheit überwiegend nach 5 Tagen gesehen^[94]. Diese Grenze ist jedoch willkürlich gewählt, einige Kollegen tendieren zu früherer^[140] oder späterer^[141] Intervention.

Chirurgische Interventionen per VATS haben mit 2,4 – 9% eine geringe Morbidität^[142-147] und mit 0-10% geringe postoperative Rezidivraten^[142, 143, 148, 149] (siehe Tabelle 4).

Zusammenfassend sprechen somit für die operative Versorgung eines PSP das geringere Rezidivrisiko, die Gewinnung einer Histologie zur Klärung einer möglichen sekundären Genese, eine kürzere Behandlungsdauer bei geringer perioperativer Morbidität. Gegen die Operation sprechen eine mögliche Übertherapie bei Chance auf konservative Ausheilung, postoperative Nebenwirkungen wie Schmerzen, Komplikationen der Operation sowie eine nur stationäre Durchführbarkeit der Operation.

Radiologische Veränderungen wie ein großer Pneumothorax/Totalatektase und ausgeprägte bullöse Veränderungen beim PSP bieten eine gute Unterstützung in der Indikationsstellung zur Operation^[10, 89, 90, 95, 136, 137]. Das Thorax-CT kann eine Hilfestellung sein, um das Rezidivrisiko abzuschätzen. Bei diesen Indikationsstellungen, aber auch selbst dann, wenn individuell kein wesentliches Gefährdungsrisiko durch ein Pneumothoraxrezidiv erkennbar ist, können sich Patienten zur operativen Versorgung beim Erstereignis eines PSP entscheiden. Die Patientenmeinung trägt zur Entscheidungsfindung maßgeblich bei^[1]. Bei erhöhter berufs- oder hobbybedingter Gefährdung bei einem Pneumothoraxrezidiv (zum Beispiel Piloten, Taucher) wird die Indikationsstellung zur operativen Versorgung nach Erstereignis gestellt^[53, 63, 150].

Bei Rezidivpneumothorax ist immer die Vorstellung beim Pneumologen/Thoraxchirurgen zur Prüfung der Therapieoptionen angeraten (siehe Empfehlung 3.3.1).

Tabelle 3: Rezidivrisikofaktoren für den Spontanpneumothorax

Rezidiv-Risikofaktoren	Rezidivhäufigkeit	Literatur
Röntgen / CT-Morphologie (bullöse Veränderungen)	- erhöht kontralateral bei Bullae kontralateral in 17% - 27% - erhöht um das 3 – 12-fache bei pleuralen Auffälligkeiten	Chou ^[135] , Sihoe ^[151] , Ganesalingam ^[137] ,
Pneumothoraxgröße	- erhöht bei großem PSP auf 26 – 70%	Sayar ^[89] , Ryu ^[90] , Chiu ^[95] , Tat ^[136]
Rezidivanzahl	- ohne vorheriges Rezidiv: 5 – 54% - nach 1. Rezidiv: 62 – 83%	Bobbio ^[11] , Brown ^[10] , Olesen ^[35] , Chen ^[36] , Schramel ^[152] , Sahn ^[153] , Noppen ^[34] , Aguingalde ^[113] , Marquette ^[128] , Jain ^[154] , Gobe ^[155]

Tabelle 4: Rezidivhäufigkeit, Behandlungsdauer, Komplikationen/Nebenwirkungen bei verschiedenen Therapieformen beim Spontanpneumothorax

Therapieoption /Autor	Rezidivhäufigkeit	Behandlungsdauer stationär/ambulant	Komplikationen Nebenwirkungen
Beobachtung			
Brown ^[10] Stradling ^[92] Hart ^[93] O'Rourke ^[94]	nach 1 Jahr: 5% ^[10] ; 6% ^[92] nach ≥2 Jahren: 6% ^[92] , 21% ^[93] , 32,5% ^[94]	bis 7 Wochen ambulant	O'Rourke ^[94] : 2 Todesfälle mit Spannungspneumothorax Brown ^[10] : 23% mit späterer Operation

Aspiration			
Noppen ^[34] Ayed ^[107] Nishiuma ^[114]	nach 1Jahr: 26% ^[34] ; 22% ^[107] ; 36% ^[114] nach 2Jahren: 31% ^[107]	26 – 52% stationär, 0 – 7 Tage stationär	Ayed ^[107] : Analgetika in 34%
Drainage			
Brown ^[10] Noppen ^[34] Olesen ^[35] Chen ^[36] O'Rouke ^[94] Ho ^[104] Ayed ^[107] Aguinalde ^[113] Iepsen ^[115]	nach 1Jahr: 17% ^[10] ; 27,3% ^[34] ; 24% ^[107] ≥2Jahre: 23,5% ^[94] ; 25% ^[107] ; 1-6 Jahre: – 54% ^[35]	4– 20 Tage stationär	Zweite Drainage/Prozedur in 15% - 24% ^[10, 94, 104, 113] Ayed ^[107] : Analgetika in 56% Iepsen ^[115] : Blutung in 4,9%, Wundinfektion in 4,8%, Weichteilemphysem in 8,1%
Pleurodese			
Chen ^[36] Almind ^[120] Light ^[121] Agarwal ^[122]	8 – 29.2%	2 – 6 Tage stationär	Almind ^[120] : Schmerzen in 58% (Talkum) bzw 74% (Tetrazyklin) Agarwal ^[122] : Schmerz, Hypotension, Empyem
VATS			
Chiu ^[95] Barker ^[142] Vohra ^[143] Min ^[148] Chen ^[149] Pages ^[156] Foroulis ^[157] Joshi ^[158] Chou ^[159] Czerny ^[160] Passlick ^[138]	0- 10%	2,4 - 10 Tage	Vohra ^[143] : VATS besser als Thorakotomie hinsichtlich Analgetikaverbrauch, postoperativer Lungenfunktion Pages ^[156] : Komplikationen in 8% Foroulis ^[149] : Komplikationen in 5 - 7,5% Joshi ^[157] : Komplikationen in 9% Czerny ^[160] : operative Revision in 2,4% Passlick ^[138] : chronisches Schmerzsyndrom in 31,7%
Offene OP (Thorakotomie)			
O'Rouke ^[94] Granke ^[140] Barker ^[142] Vohra ^[143] Thevenet ^[144] Weeden ^[145] Korner ^[146] Thomas ^[147] Pages ^[156] Foroulis ^[157] Joshi ^[158]	0 - 5%	4,2 – 18,4 Tage stationär	O'Rouke ^[94] : Wundinfektion (5%) Granke ^[140] : in 5%: Wundinfektion, respiratorische Insuffizienz, bronchopleurale Fistel, inadäquate Keilresektion. Weeden ^[145] : Major-Komplikationen in 3.8% (Tod, Blutung, Beatmung), Minor- Komplikationen in 16.7% (kontralateraler/apikaler Pneumothorax, Empyem, Schleimretention, Wundinfekt, Thrombose) Korner ^[146] : Komplikationen in 16%, 30d- Letalität 1% Joshi ^[158] : 7.5% Blutung postoperativ, 16% ICU

3.6.2 Spezielle Aspekte zur Strategie / Technik der operativen Versorgung des PSP

In der chirurgischen Therapie des Pneumothorax gibt es mit der Behandlung einer möglichen persistierenden Luftleckage und der Rezidivprophylaxe zwei wesentliche therapeutische Zielsetzungen. Die erste Zielsetzung ist es, jegliche sichtbare Perforation der viszeralen Pleura zu resezieren, sowie emphysematöse Veränderungen oder pleurale Porositäten an der Oberfläche der viszeralen Pleura zu identifizieren und zu verschließen. Das zweite Ziel besteht in der Pleurektomie und/oder Pleurodese zur Rezidivprävention.

3.6.2.1 Zugangsweg: videoassistierte Thoraxchirurgie (VATS) vs. offene Thorakotomie

E 23	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen die videoassistierte Chirurgie (VATS) für die operative Behandlung des Pneumothorax.	
Evidenzgrad 1	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Al-Tarshihi 2008 ^[161] , Barker 2007 ^[142] , Vohra 2008 ^[143] , Inderbitzi 1994 ^[162] , Deslauriers 1980 ^[163] , Waller 1994 ^[164] , Sedrakyan 2004 ^[165] , Dumont 1997 ^[166] , Mouroux 1996 ^[167] , Bertrand 1996 ^[168] , Gebhard 1996 ^[169] , Cole 1995 ^[170] , Sekine 1999 ^[171] , de Novo Recherche: Pages 2015 ^[156] , Foroulis 2012 ^[157] , Joshi 2013 ^[158] , Chou 2012 ^[159] , Balduyck 2008 ^[172]	
	Konsensstärke: 100%	

E 24	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A B	Wir empfehlen die partielle Pleurektomie oder Talkumpoudrage zur Senkung der Rezidivgefahr bei VATS. Wir schlagen eine zusätzliche atypische Resektion der Lungenspitze vor.	
Evidenzgrad 2	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Thevenet 1992 ^[144] de Novo Recherche : Chen 2012 ^[149] , Nakanishi 2009 ^[173] , Sepehripour 2012 ^[174] , Ingolfsson 2006 ^[175]	
	Konsensstärke: 100%	

E 25	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad 0	Bei Rezidiv eines operativ behandelten PSP kann dem Patienten die Talkumpleurodese oder eine erneute Operation (VATS oder Thorakotomie) angeboten werden.	
Evidenzgrad EK	Literatur: Expertenkonsens	
	Konsensstärke: 100%	

Seit einigen Jahren hat sich die VATS zur operativen Versorgung des Spontanpneumothorax gegenüber der offenen Thorakotomie etabliert. Die Inkaufnahme eines geringfügig erhöhten Rezidivrisikos bei VATS (1 vs. 4%)^[142, 143] wird durch deren Vorteile gegenüber der offenen Thorakotomie wie geringeren Blutungen^[158, 161], verminderten postoperativen

Intensivüberwachungen^[158], geringeren postoperativen Schmerzen^[161, 164, 165, 169, 171], einem besseren postoperativen pulmonalen Gasaustausch^[164, 171] und kürzerem Krankenhausaufenthalt^[158, 161, 164-166, 168, 170] relativiert. Der kürzere Krankenhausaufenthalt nach VATS konnten nicht von allen Untersuchern bestätigt werden^[176, 177]. Die Patientenzufriedenheit ist höher bei der VATS als bei der Thorakotomie^[157].

3.6.2.2 Pleurektomie / chirurgische Pleurodese

Die Rezidivrate nach alleiniger thorakoskopischer Bullaresektion beim PSP ist im Vergleich zur offenen Thorakotomie mit Bullaresektion höher, so dass eine zusätzliche pleurale Intervention bei VATS zur Verringerung der Rezidivrate empfohlen wird^[173, 175].

Die partielle parietale Pleurektomie ist als Standardverfahren in der Behandlung des Pneumothorax etabliert, häufig in Kombination mit Pleurodeseverfahren^[142, 143, 175]. Randomisierte Studien zur Pleurektomie mit Keilresektion versus alleinige Keilresektion liegen nicht vor. Vergleichende Studien^[149, 178] zur apikalen Pleurektomie versus Abrasion der Pleura sahen eine verlängerte Operationszeit und eine erhöhte Morbidität (Blutungen) bei den Patienten mit Pleurektomie bei gleichen Rezidivraten um 5% bzw. 4%. Min^[148] konnte 2014 zeigen, dass eine Abrasio der Pleura zusätzlich zur Keilresektion an der Lunge keine Vorteile im Sinne einer erniedrigten Rezidivrate (6% in beiden Gruppen nach 2 Jahren) ergibt. Auch eine zur Bullaresektion zusätzliche intraoperative chemische Pleurodese erhöht lediglich die Inzidenz von Fieber und verlängert den postoperativen Aufenthalt, die Rezidivgefahr kann hingegen nicht gesenkt werden^[179]. Die Empfehlung zur Pleurektomie basiert auf retrospektiven Studien, die zum Teil in Widerspruch mit aktuellen randomisierten Studien liegen. Bisherige Berichte haben gezeigt, dass mit Hilfe von Talkumpoudrage in 85-90% der Fälle Rezidivfreiheit erreicht werden kann^[180-182]. Eine Metaanalyse zur Erfolgsrate der Talkumpoudrage in der Behandlung eines Pneumothorax zeigte eine aus 22 retrospektiven Studien zusammengefasste Erfolgsrate von 91%^[181]. Graduiertes Talkum ist dem mit höherer Rezidivrate behafteten Tetrazyklin überlegen^[183].

Nach Talkumpoudrage ist die Möglichkeit eines SIRS bzw. Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) gegeben^[184, 185]. Die Inzidenz eines postoperativen Empyems ist bei korrekter Sterilisation des Talkums sehr gering^[181]. Das in früheren Zeiten gefürchtete ARDS nach Talkumgabe ist bei dem heute verwendeten graduierten Talkum mit Partikelgröße > 10 µm selten^[185].

4 Behandlung des sekundären Spontanpneumothorax und von Sonderfällen des Spontanpneumothorax

Im Gegensatz zum primären Spontanpneumothorax (PSP) tritt der sekundäre Spontanpneumothorax (SSP) bei Patienten mit einer zugrundeliegenden Lungenerkrankung auf, am häufigsten mit der chronisch obstruktiven Lungenerkrankung (COPD). Bei Patienten mit einem Lebensalter von über 45 Jahren steigt die Wahrscheinlichkeit, dass eine vorbestehende Lungenerkrankung für den Pneumothorax ursächlich ist, die möglicherweise zuvor nicht diagnostiziert worden ist. Bei Patienten, die älter als 45 Lebensjahre sind, steigen die Krankenhaussterblichkeit und die Häufigkeit der pulmonalen Nebendiagnosen signifikant an (siehe Abb.2 und 3 in Kapitel 1). Aus diesem Grunde

scheint die Durchführung eines CT-Thorax bei Patienten mit Spontanpneumothorax ab dem 45. Lebensjahr sinnvoll. Der Behandlungsalgorithmus des SSP unterscheidet sich vom PSP und ist in Abbildung 6 dargestellt.

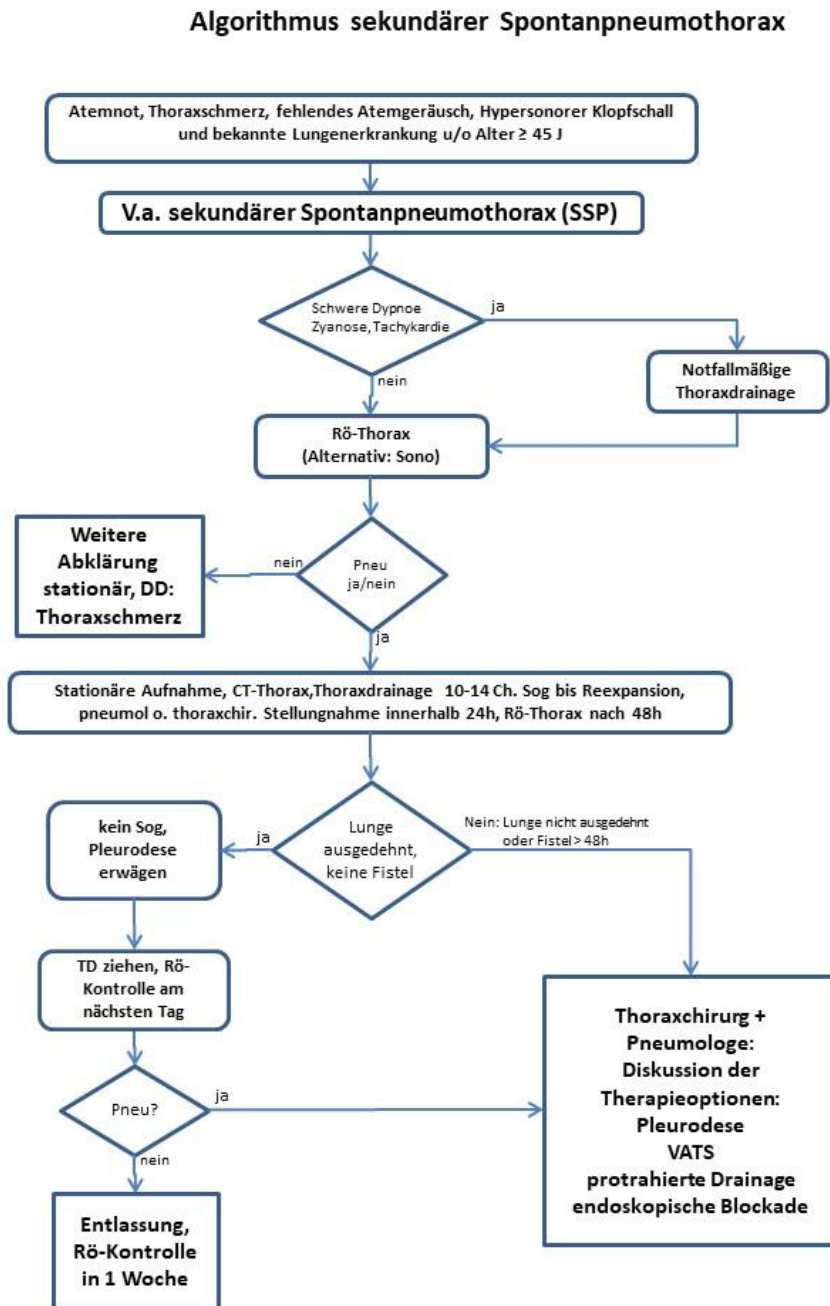


Abb. 6: Ablaufdiagramm zum SSP (DD: Differentialdiagnose; TD: Thoraxdrainage)

4.1 Allgemeine Behandlungsstrategie

S 7	Statement	2017
	Bei Festlegung einer Behandlungsstrategie für den SSP ist die Ausdehnung des SSP weniger wichtig als der Grad der mit dem SSP aufgetretenen klinischen Beeinträchtigung.	
Evidenzgrad 2	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Tanaka 1993 ^[7] , Norris 1968 ^[8] de Novo Recherche: Brown 2014 ^[10]	
	Konsensstärke: 100%	

Allgemein sind die Symptome des SSP schwerwiegender als bei einem PSP. Die meisten Patienten mit SSP leiden unter neu aufgetretener oder zunehmender Atemnot^[7]. Das Ausmaß des Pneumothorax korreliert schlecht mit der Symptomatik, die Hypoxämie ist beim SSP meist ausgeprägter^[7, 8, 10].

E 26	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen, beim SSP mit neu auftretender oder zunehmender Atemnot die Anlage einer Thoraxdrainage und eine unterstützende Behandlung (inklusive Sauerstoffgabe).	
Evidenzgrad 2	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Tanaka 1993 ^[7] , Chee 1998 ^[141] , Schoenenberger 1991 ^[186] , O'Driscoll 2008 ^[187] de Novo Recherche: Brown 2014 ^[10]	
	Konsensstärke: 100%	

Bei einem SSP ist ein Spontanverschluss der Luftleckage weniger wahrscheinlich als bei einem PSP^[141, 186] und die Patienten haben häufiger und gravierendere Symptome^[7], weshalb die meisten dieser Patienten einer Thoraxdrainage bedürfen. Eine retrospektive Studie zeigte für Patienten mit SSP eine verlängerte mediane Dauer unter Drainagetherapie bis zum Spontanverschluss einer persistierenden Luftleckage (11 Tage) im Vergleich zu Patienten mit PSP (7 Tage)^[9].

Die Punktion mit Aspiration des Pneumothorax ist daher beim SSP wenig verbreitet. Die Sauerstoffgabe ist bei einer Hypoxämie indiziert, wobei die Gefahr einer Hyperkapnie bekannt und durch Kontrolle der Blutgase begegnet werden sollte^[187]. Bei den seltenen Fällen von asymptomatischen Patienten mit kleinem, typischerweise apikalem Pneumothorax kann ausnahmsweise auf eine initiale Drainagebehandlung zugunsten einer Verlaufsbeobachtung verzichtet werden.

4.2 Ambulante/stationäre Behandlung

E 27	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen, Patienten mit SSP stationär aufzunehmen.	
Evidenzgrad 2	Literatur: de Novo Recherche: Brims 2013 ^[188] , Voisin 2014 ^[103]	

	Konsensstärke: 100%
--	---------------------

Trotz der schwachen Evidenzlage sprechen die erhöhte Krankenhaussterblichkeit bis 16 %^[12] und die Häufigkeit der Komorbiditäten für die primär stationäre Behandlung des SSP (siehe Abb. 2, 3 in Kapitel 1). Bei stabiler Situation kann nach thoraxchirurgischer und pneumologischer Beurteilung auch bei liegender Thoraxdrainage (z.B. unter Verwendung eines Heimlich-Ventils) eine ambulante Behandlung in Betracht gezogen werden^[103, 188]. Bei Entlassung ist die Anweisung einer umgehenden Wiedervorstellung im Krankenhaus im Falle von zunehmender Atemnot empfehlenswert. Bei ambulanter Drainagebehandlung schlagen wir eine thoraxchirurgische oder pneumologische Folgebehandlung bis zur vollständigen Resorption des Pneumothorax vor.

4.3 Pneumologische / thoraxchirurgische Beurteilung

E 28	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen eine pneumologische und/oder thoraxchirurgische Stellungnahme innerhalb der ersten 24 Stunden nach stationärer Aufnahme beim SSP.	
Evidenzgrad EK	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010 de Novo Recherche: Aslam 2011 ^[105]	
	Konsensstärke: 100%	

E 29	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen im Falle einer mangelnden Reexpansion oder einer persistierenden Luftleckage über 48 Stunden eine interdisziplinäre pneumologisch/thoraxchirurgische Beurteilung zur Festlegung der weiteren Therapiemaßnahmen.	
Evidenzgrad EK	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010 de Novo Recherche: Aslam 2011 ^[105]	
	Konsensstärke: 100%	

E 30	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Der SSP kann Ausdruck einer fortgeschrittenen, schweren seltenen Lungenerkrankung sein. In diesem Fall empfehlen wir die Weiterbehandlung der Lungenerkrankung in Schwerpunktzentren.	
Evidenzgrad 4	Literatur: de Novo Recherche: Nakajima 2009 ^[16] , Ichinose 2016 ^[189] Ota 2014 ^[15]	
	Konsensstärke: 100%	

Sowohl initial als auch bei mangelnder Reexpansion eines Pneumothorax oder einer persistierenden Luftleckage über 48 Stunden ist die Beurteilung eines Patienten mit SSP interdisziplinär pneumologisch / thoraxchirurgisch empfehlenswert. Die Behandlung des SSP kann komplex sein und soll dann dort stattfinden, wo spezialisierte ärztliche und pflegerische Kenntnisse vorhanden sind^[105]. Eine pneumologische Beurteilung der zugrundeliegenden oder neu diagnostizierten Lungenerkrankung ist erforderlich.

Die Letalität beim SSP ist abhängig von der Grunderkrankung^[15, 16, 189]. Beim Vorliegen von seltenen Lungenerkrankungen, wie interstitielle Lungenerkrankungen oder zystischer Fibrose, ist eine frühzeitige Verlegung in eine Klinik mit entsprechender Expertise zur Prüfung und Ausschöpfung weiterer Therapieoptionen (Lungenersatzverfahren, Lungentransplantation) zu empfehlen.

4.4 Drainagetherapie

E 31	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen bei gegebener Indikation zur Thoraxdrainage bei Patienten mit SSP die Anlage einer kleinlumigen Drainage (≤ 14 Ch.).	
Evidenzgrad 2	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Tsai 2006 ^[190] de Novo Recherche: Benton 2009 ^[116] , Iepson 2013 ^[115] , Contou 2012 ^[191]	
	Konsensstärke: 100%	

Vier retrospektive Untersuchungen zeigen keinen Unterschied in der Effektivität zwischen kleinlumigen (bis 14 Ch.) und großlumigen Thoraxdrainagen^[115, 116, 190, 191]. Es wurde gezeigt, dass kleinlumige Thoraxdrainagen weniger schmerzhaft sind, zu weniger entzündlichen Komplikationen und Blutungen^[115, 116] sowie zu kürzerer Verweildauer führten^[115, 116, 191]. Vorsicht ist geboten bei hohem Fistelvolumen und kleinen Drainagen. Wie auch beim PSP wird die Drainagebehandlung beim SSP bis zum Spontanverschluss der Luftleckage fortgeführt. Ohne Spontanverschluss der Luftleckage sind die Indikationen für weitere Therapieoptionen zu prüfen.

E 32	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen, eine Sogtherapie nach Reexpansion nicht routinemäßig fortzuführen.	
Evidenzgrad 1	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: So 1982 ^[125]	
	Konsensstärke: 100%	

Die Indikation für die Drainagebehandlung mit Sog ist eine inkomplette Reexpansion der Lunge. In einer randomisierten Untersuchung mit Einschluss von 30 Patienten mit SSP war die Drainageliegedauer mit (bis 20 cm H₂O) versus ohne Sog aber gleich^[125]. Die Studie zeigte auch, dass die Drainage besser erst nach zwei Tagen anstatt unmittelbar nach Feststellung der kompletten Ausdehnung der Lunge gezogen wird ($p < 0,1$).

Digitale Drainagesysteme können möglicherweise die Größe der Luftleckage gerade bei intermittierender Fistel besser objektivieren. Näherungsweise kann die Luftleckage nach Konnektion eines geschlossenen Beutels mit Ventilfunktion abgeschätzt werden (s. Supplement zur Thoraxdrainage).

E 33	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen die chemische Pleurodese oder Eigenblut über eine liegende Thoraxdrainage bei Patienten mit SSP bei ausgedehnter Lunge und persistierender Luftleckage oder rezidivierendem Pneumothorax,	

	wenn eine Operation kontraindiziert ist.
Evidenzgrad 1	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Light 1990 ^[121] , Almind 1989 ^[120] de Novo Recherche: Agarwal 2012 ^[122] , Aihara 2011 ^[192] , Cao 2012 ^[193] , Ng 2010 ^[194]
	Konsensstärke: 100%

Die Indikation für die Pleurodese ist eine persistierende Luftleckage oder ein rezidivierender SSP, wenn eine Operation nicht möglich oder nicht gewünscht ist. Voraussetzung für den Erfolg ist eine vollständige Expansion der Lunge. Substanzen, die in diesem Zusammenhang in verschiedenen Studien untersucht worden sind Talkum, Eigenblut, Tetrazykline und Povidon-Jod (s. Tabelle 5).

Tabelle 5: Substanzen zur chemischen Pleurodese über liegende Drainage

Autor	Studientyp	Substanz/Dosierung	Wirkung	Nebenwirkungen
Agarwal ^[122]	Systematic Review und Meta-Analyse (13 Studien mit 138 Patienten)	20ml 10% Povidon-Jod auf 80 ml NaCl	Gepoolte Erfolgsrate 88.7% (95% CI 84.1-92.1)	Thoraxschmerz, Hypotension
Aihara ^[192]	Retrospektiv 59 SSP bei ILD	50 ml autologes Blut , Minozyklin 200 mg in 50 ml NaCl, OK432 (Picibanil) 10 KE in 50 ml NaCl	Erfolg mit Blut in 72,7%, Pleurodese-Erfolg in 78,6%	Rezidive in 50% (Blut) vs 45% (chemische Pleurodese), Exazerbationen 2x nach chemischer Pleurodese
Cao ^[193]	Randomisiert-kontrolliert 44 Pat mit SSP bei COPD	0,5 vs 1 vs 2 ml/kg autologes Blut vs NaCl	Erfolg mit 1 und 2 ml/kg in 82%, meist wiederholte Gabe	
Ng ^[194]	Retrospektiv 121 SSP mit Minozyklin, 64 SSP mit Talkum	Minozyklin 300 mg in 100 ml NaCl Talkum 2,5 - 5g Suspension in 100 ml NaCl	Erfolg Minozyklin 78% Erfolg Talkum 72%	Thorakale Schmerzen in 45% (Minozyklin) vs 37.5% (Talkum)
Light ^[121]	Prospektive randomisierte Studie an 229 PSP/SSP	1500 mg Tetrazyklin in 50 ml NaCl über 1 - 2 h vs NaCl	Erfolg mit Tetrazyklin in 75% vs 59% ohne	"severe chest pain" in 61% trotz Lokalanästhesie
Almind ^[120]	96 SP 18-88 Jahre alt	550 ml Tetrazyklin in 20 ml Aqua vs 5g Talkum in 250 ml NaCl über 2 h	Erfolg mit Tetrazyklin in 87%, Talkum in 92%	Schmerzen in 74% (Tetrazyklin) vs 58% (Talkum)

4.5 Weitere nicht-operative Therapieoptionen

E 34	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad B	Wir schlagen vor, für Patienten mit therapierefraktärem SSP als mögliche nicht-operative Therapieoptionen eine Dauerdrainage (ambulant oder stationär) und endobronchial blockierende Verfahren interdisziplinär zu diskutieren.	
Evidenzgrad 5	Literatur: de Novo Recherche: Travaline 2009 ^[195]	
	Konsensstärke: 100%	

Bei Kontraindikation zur Operation sowie erfolgloser Pleurodese über die Drainage sind bei schwacher Evidenz endobronchial blockierende Verfahren mit Einsatz von Ventilen^[195] sowie die Anlage einer Dauerdrainage erwägenswerte verbleibende Therapieoptionen.

4.6 Operation des sekundären Spontanpneumothorax

Die Ziele der Operation sind beim sekundären Spontanpneumothorax die gleichen wie beim primären Spontanpneumothorax: Die Beseitigung der persistierenden Luftfisteln sowie die Rezidivprophylaxe. Zur Anwendung kommen daher die gleichen operativen Maßnahmen der Keil- bzw. Bullaresektion zum Fistelverschluss, die Pleurektomie und/oder Pleurodese zur Rezidivprophylaxe. Zum allgemeinen Operationsmanagement sei auf das vorangegangene Kapitel der Therapie des PSP verwiesen. In diesem Kapitel werden die speziellen Aspekte für die operative Therapie des SSP dargelegt, die für den Chirurgen herausfordernd sein können.

Das Patientenkollektiv beim SSP unterscheidet sich von dem des PSP durch ein in der Regel höheres Erkrankungsalter, die zugrundeliegende Lungenerkrankung mit eingeschränkter Lungenfunktion und häufigeren Begleiterkrankungen. Diese Begleitumstände bedingen ein höheres OP- und Anästhesierisiko und haben Einfluss auf die Indikationsstellung und OP-Technik. So ist die postoperative persistierende Luftleckage beim SSP signifikant häufiger als beim PSP (31 % vs. 4 %, $P < 0,05$)^[196].

4.6.1 Indikation zur operativen Versorgung des sekundären Spontanpneumothorax

E 35	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen, die Indikation zur Operation beim SSP mit dem Ziel des Fistelverschlusses und Maßnahmen zur Rezidivprophylaxe individuell unter Berücksichtigung von Grunderkrankung, Komorbiditäten und Patientenwunsch zu stellen.	
Evidenzgrad 3	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Passlick 2001 ^[138] de Novo Recherche: Pages 2015 ^[156] , Park 2014 ^[197] , Ichinose 2016 ^[189] , Isaka 2013 ^[198] , Nakajima 2009 ^[16] , Zhang 2009 ^[199] , Balduyck 2008 ^[172]	
	Konsensstärke: 100%	

Bei ausgewählten Patienten hat die Operation beim SSP eine Rezidivrate von 12 % und weniger^[156, 189, 197, 198]. Die Krankenhaussterblichkeit bei operierten Patienten mit obstruktiver Atemwegserkrankung (COPD) ist signifikant geringer als bei Patienten mit interstitieller Lungenerkrankung (1,3 vs. 15 - 21 %)^[16, 189]. Auch die Rezidivrate ist bei operierten Patienten mit COPD signifikant geringer als bei Lungenfibrosen (12 vs. 35 %)^[189, 198]. Bei der Indikationsstellung zur Operation spielen die Begleiterkrankungen und das Ausmaß der Lungenerkrankungen eine Rolle. So konnte Zhang^[199] 2009 retrospektiv bei 107 über 60jährigen Patienten mit COPD eine signifikant erhöhte Komplikationsrate bei hyperkapnischen Patienten im Vergleich zu Patienten mit Normokapnie feststellen. Die 30 Tage-Letalität betrug in dieser Kohorte 4,7 %.

Die Patientenpräferenz sollte in die Entscheidungsfindung einbezogen werden unter Abwägung der Vorteile der durch die Operation verminderten Rezidivhäufigkeit und einer verbesserten Lebensqualität^[172] gegenüber möglichen Komplikationen^[138].

E 36	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Es wird empfohlen, die Indikation zur operativen Versorgung von Pneumothoraces bei fibrosierenden Lungenerkrankungen zurückhaltend zu stellen und nach Möglichkeit Pleurodeseverfahren über eine liegende Drainage zu bevorzugen.	
Evidenzgrad 4	Literatur: de Novo Recherche: Nakajima 2009 ^[16] , Ichinose 2016 ^[189] Ota 2014 ^[15]	
	Konsensstärke: 100%	

Interstitielle Lungenerkrankungen (synonym diffuse parenchymatöse Lungenerkrankungen) entwickeln häufig Rezidive eines Pneumothorax; insbesondere die LAM, Kombinationen von Fibrosen mit Emphysem und fibrosierende ILDs. Da die respiratorische Reserve durch die Lungenerkrankung insbesondere bei fibrosierenden ILDs häufig eingeschränkt ist, kann bereits ein kleiner Pneumothorax zur respiratorischen Dekompensation führen. Die Drainageanlage ist in solchen Fällen dringlich indiziert.

Mehrere retrospektive Studien^[16, 189] berichten über hohe Rezidivquoten und hoher Krankenhausmortalität nach Operation eines Pneumothorax bei Lungenfibrose im Vergleich zur Pneumothorax-Operation bei COPD (21,4% vs 1,4% und 15% vs 2%). Die Indikation zur operativen Versorgung eines Pneumothorax bei fibrosierender Lungenerkrankung sollte zurückhaltend gestellt werden.

E 37	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen, im Falle eines Pneumothorax bei einem potenziellen Empfänger eines Lungentransplantates die Abstimmung der Therapie mit dem Transplantationszentrum.	
Evidenzgrad EK	Literatur: de Novo Recherche: Shigemura 2012 ^[200]	
	Konsensstärke: 100%	

Der SSP ist ein häufiges Ereignis bei Kandidaten zur Lungentransplantation. Meist liegt bei diesen Patienten eine weit fortgeschrittene Lungenerkrankung mit hohem operativem Risiko vor. In einer monozentrischen US-amerikanischen Untersuchung^[200] hatten 23 % von 554 Empfängern einer Lungentransplantation (70 % bilateral) eine thorakale Voroperation (8 % Pleurodesen, 9 % thoraxchirurgische Verfahren, 6 % herzchirurgische Eingriffe). Patienten mit vorangegangener Pleurodese hatten ein 1,8-fach erhöhtes Risiko postoperativ nach der Lungentransplantation zu versterben im Vergleich zu Patienten ohne Pleurodese. Somit erschwert die Pleurodese die spätere Lungentransplantation. Die Indikation zur Pleurektomie/Pleurodese sollte daher zurückhaltend und möglichst nach Rücksprache mit dem Transplantationszentrum gestellt werden.

4.6.2 Spezielle Aspekte zur Strategie/Technik der operativen Versorgung des SSP

E 38	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad	Wir empfehlen, die operative Strategie beim SSP an individuellen	

A	Aspekten der Lungenerkrankung und der Bildgebung (CT) auszurichten.
Evidenzgrad 4	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Thevenet 1992 ^[144] de Novo Recherche: Nakajima 2009 ^[16] , Ichinose 2016 ^[189]
	Konsensstärke: 100%

Da dem SSP eine heterogene Gruppe von Lungenerkrankungen zugrunde liegt, sollte die Operationstechnik der jeweiligen Situation angepasst werden^[16, 189]. So ist es wesentlich, die notwendige Lungenparenchymresektion beim SSP bei COPD den zum Teil ausgeprägten bullösen Veränderungen so anzupassen, dass die in die Pleura fistelnde Lungenregion reseziert wird. Eine intraoperative Wasserprobe vor Resektion kann bei unklarer Fistellocalisation hilfreich sein. Zur Rezidivprophylaxe bei diffuser Lungenerkrankung kann eine ausgedehntere Pleurektomie bzw. Pleurodese als beim PSP notwendig sein^[144].

4.6.2.1 Zugangsweg: VATS versus offene Thorakotomie

E 39	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen, die operative Versorgung des SSP minimal-invasiv durchzuführen.	
Evidenzgrad 1	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Barker 2007 ^[142] , Sekine 1999 ^[171] , Vohra 2008 ^[143] de Novo Recherche: Foroulis 2012 ^[157] , Joshi 2013 ^[158] , Qureshi 2008 ^[201] , Pages 2015 ^[156] , Park 2014 ^[197]	
	Konsensstärke: 100%	

In den letzten Jahren hat sich weltweit das operative Vorgehen per VATS in der Versorgung des Pneumothorax durchgesetzt. So wurden in Deutschland 2011 bis 2015 nur noch etwa 12 - 13 % der Pneumothorax-Operationen über eine offene Thorakotomie durchgeführt^[12].

Die VATS hat Vorteile gegenüber dem offenen Verfahren, nämlich schnellere Mobilisation^[157], geringere frühpostoperative pulmonale Funktionseinschränkung^[142, 171], kürzere stationäre Verweildauer^[158] sowie geringerer Schmerzmittelbedarf^[143, 171, 201]. Diese Vorteile sind beim lungenfunktionell eingeschränkten, multimorbiden Patienten mit SSP von besonderer Bedeutung. Der Nachteil der VATS besteht in einer erhöhten Rezidivrate^[142, 156]. Pages^[156] und Qureshi^[201] empfehlen daher, bei rezidivgefährdetem Patienten mit SSP die Indikation zum offenen Verfahren abzuwägen. Park^[197] konnte retrospektiv bei 40 Patienten mit SSP bei gleicher Rezidivrate für die VATS-Technik eine kürzere Drainage- und Aufenthaltsdauer im Vergleich zur offenen Operation zeigen.

4.6.2.2 Intraoperative Pleurektomie/Pleurodese

E 40	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad	Wir empfehlen, bei operativer Versorgung des SSP die parietale	

A	Pleurektomie oder alternative Pleurodeseverfahren zur Rezidivprophylaxe einzusetzen.
Evidenzgrad 1	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Barker 2007 ^[142] , Vohra 2008 ^[143] , Ingolfsson 2006 ^[175] , Tschopp 1997 ^[182] , Lee 2004 ^[202] , Thevenet 1992 ^[144] , Maskell 2004 ^[185] de Novo Recherche: Qureshi 2008 ^[201]
	Konsensstärke: 100%

Die partielle parietale Pleurektomie ist als Standardverfahren in der Behandlung des Pneumothorax etabliert, häufig in Kombination mit Pleurodeseverfahren^[142, 143, 175]. Thevenet konnte einen leichten Vorteil für die Pleurektomie feststellen^[144].

Beim SSP zeigten sich häufig intraoperative Verwachsungen der Pleura parietalis mit der Pleura visceralis. Da bei intraoperativer Pleurolyse Parenchymdefekte mit der Gefahr einer prolongierten Fistelung postoperativ entstehen können, sollte bei ausgedehnten Pleuraadhäsionen auf die Pleurektomie zugunsten einer intraoperativen Pleurodesese (Argonbeamer, Povidon-Jod, Tetrazykline, Talkum) verzichtet werden.

Die thorakoskopische Pleurodesese mit intraoperativer Gabe von 3-5 g Talkum erreicht eine Rezidivfreiheit von 90 %^[182]. Lee^[202] konnte beim SSP bei COPD per thorakoskopischer Talkumpleurodesese in LA eine Rezidivfreiheit von 95 % über 3 Jahre bei einer Letalität von 10 % retrospektiv feststellen. Kim^[203] konnte in einer retrospektiven Studie mit 61 Patienten mit SSP zeigen, dass die thorakoskopische Bullaresektion mit Talkumpleurodesese der Pleurodesese mit Talkumgabe ("Slurry") über die Thoraxdrainage bezüglich der Rezidivrate deutlich überlegen ist (4,5 % vs. 30 %).

Das in früheren Zeiten gefürchtete ARDS nach Talkumgabe ist bei dem heute verwendeten graduierten Talkum mit Partikelgröße > 10 µm selten^[185].

4.7 Sonderfälle des Pneumothorax

4.7.1 Katamenialer Pneumothorax

S 8	Statement	2017
	Bei Frauen im gebärfähigen Alter mit Spontanpneumothorax ist die Möglichkeit des Vorliegens eines katamenialen Pneumothorax und/oder einer thorakalen Endometriose gegeben.	
Evidenzgrad 3	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Alifano 2007 ^[31] de Novo Recherche: Rousset-Jablonski 2010 ^[32]	
	Konsensstärke: 100%	

E 41	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad B	Wir schlagen eine gynäkologische Mitbeurteilung zur weiteren Diagnostik und Therapie im Verdachtsfall vor.	

Evidenzgrad 3	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Alifano 2007 ^[31] de Novo Recherche: Rousset-Jablonski 2010 ^[32]
	Konsensstärke: 87%

Bei Frauen im gebärfähigen Alter mit Spontanpneumothorax sollte aktiv nach einem zeitlichen Zusammenhang zwischen Pneumothorax und Menstruationszyklus, nach periodisch auftretenden thorakalen Schmerzen, nach Infertilität und nach gynäkologischen Operationen gefragt werden. Bei Verdacht auf das Vorliegen eines katamenialen Pneumothorax werden eine gynäkologische Untersuchung sowie ein MRT des Beckens empfohlen^[32]. Intraoperativ sollte nach Zwerchfeldefekten und pleuralen Endometrioseherden gesucht und wenn vorliegend, diese verschlossen respektive biopsiert werden. Die alleinige Operation hat eine Rezidivhäufigkeit von bis zu 30 %^[31]. In Kombination mit einem GnRH-Analogen kann unter Inkaufnahme einer Amenorrhö die Rezidivhäufigkeit gesenkt werden.

4.7.2 Pneumothorax in der Schwangerschaft

E 42	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen eine enge Kooperation zwischen Thoraxchirurgie/Pneumologie und Geburtshilfe bei Rezidiv-Pneumothorax in der Schwangerschaft in Anlehnung an die BTS Guideline.	
Evidenzgrad 3	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Terndrup 1989 ^[33] , Lal 2007 ^[204]	
	Konsensstärke: 100%	

E 43	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Wir empfehlen, die Behandlungsprinzipien bei Pneumothorax während einer Schwangerschaft an denen des PSP unter Berücksichtigung der speziellen Situation und möglicher Risiken für Mutter und Fötus auszurichten.	
Evidenzgrad 3	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Terndrup 1989 ^[33] , Lal 2007 ^[204]	
	Konsensstärke: 100%	

Es scheint ein höheres Rezidivrisiko für die Patientinnen mit Spontanpneumothorax während Schwangerschaft und Geburt vorzuliegen^[33, 204]. In Abwesenheit von prospektiven Studien orientiert sich die Therapie des Pneumothorax in der Schwangerschaft an den oben dargestellten Empfehlungen für die Behandlung des PSP, wobei die individuellen Risiken für Patientin und Fötus berücksichtigt werden müssen. Beim Pneumothorax während einer Schwangerschaft soll daher eine frühe gemeinsame Beurteilung durch Thoraxchirurgen, Pneumologen und Geburtshelfer stattfinden und die weitere Behandlung an einer qualifizierten Einrichtung erfolgen.

5 Postinterventioneller Pneumothorax

5.1 Einleitung

Der postinterventionelle Pneumothorax hat eine Bedeutung aufgrund der hohen Zahl thorakaler Interventionen. Die höchste Inzidenz tritt bei der transthorakalen Lungenpunktion auf, während die transbronchiale Lungenbiopsie, die Pleuraergusspunktion und die Punktion von zentralen Venen an der oberen Thoraxapertur mit einem deutlich geringeren Pneumothoraxrisiko einhergehen (Tabelle 6). Unter den Methoden der endoskopischen Lungenvolumenreduktion (Tabelle 6) ist vor allem die Implantation von Endobronchialventilen mit einer relevanten Pneumothoraxrate assoziiert. Die Behandlung des postinterventionellen Pneumothorax ist in der Regel unkompliziert, abgesehen von Patienten mit schwerer zugrundeliegender Lungenerkrankung.

Tabelle 6: Zusammenfassung thorakale Intervention und Pneumothoraxrisiko bzw. Rate Thoraxdrainage bei Pneumothorax.

Verfahren	Rate Pneumothorax	Rate Thoraxdrainagen/Pneu	Autor
Transthorakale Lungenbiopsie	2,8 - 59,6% Median: 23,7%	0 - 48,5%	Ayyappan 2008 [205], Chakrabarti 2009 [206], De Filippo 2014 [207], Asai 2013 [208], Gupta 2008 [209], Hiraki 2010 [210], Kahn 2008 [211], Nakamura 2011 [212], Vatrella 2014 [213], Accordino 2015 [214], Anderson 1994 [215], Choi 2004 [216], Covey 2004 [217], Fish 1987 [218], Garcia-Rio 1996 [219], Geraghty 2003 [220], Kim 2015 [221], Topal 2003 [222], Vitulo 1996 [223], Sartori 2007 [74]
Transbronchiale Biopsie	2,9 - 7% Median: 2,9%	31 - 100%	Huang 2012 [224], Izbicki 2006 [225], Kreuter 2011 [226], Kumar 2015 [227], Reißig 2005 [228],
Transbronchiale Kryobiopsie	28%	73%	Casoni 2014 [229]
Pleurapunktion	0,61 - 6,0% Median: 5,2%	9,1 - 44,4%	Gordon 2010 [230], Ault 2015 [231], Colt 1999 [232], Doyle 1996 [233], Pihlajamaa 2004 [234]
Zentrale Venenpunktion	0,66 - 7-6% Median: 0,9%	0 - 100%	Vezzani 2010 [80], Shieh 2015 [235], Harrington 1995 [236], Kirkfeldt 2012 [237], Kirkfeldt 2014 [238]
Implantation Endobronchialventile	8,3 - 25,6% Median: 15%	83,3 - 100%	Davey 2015 [239], Klooster 2015 [240], Herth 2013 [241], Valipour 2016 [242]
Implantation Spiralen	5 - 11,6% Median: 6%	k.A.	Shah 2013 [243], Deslee 2016 [244], Sciurba 2016 [245]
Vaporablation	2.2%	0%	Herth 2016 [246]

5.2 Empfehlungen:

E 44	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Nach einer thorakalen Intervention mit Pneumothoraxrisiko empfehlen wir eine Beobachtung bis zum klinischen oder radiologischen/sonographischen Ausschluss eines Pneumothorax 1-4 Stunden nach der Intervention.	
Evidenzgrad	Literatur: de Novo Recherche: Choi 2004 ^[216] , Kim 2015 ^[221] , Doyle1996 ^[233] , Pihlajamaa 2004 ^[234]	

4	
	Konsensstärke: 100%

Die Literatur^[216, 221, 225, 233, 234, 247, 248] belegt, dass der ganz überwiegende Anteil der postinterventionellen Pneumothoraces innerhalb von 4 Stunden durch Symptome oder bildgebende Verfahren nachweisbar waren. Dementsprechend ist das Risiko für einen später auftretenden Pneumothorax gering. Der Patient sollte über das Risiko eines Pneumothorax bei Entlassung aufgeklärt sein, um die Klinik bei entsprechenden Beschwerden unmittelbar wieder aufzusuchen.

Die Möglichkeit eines Spätpneumothorax muss vor allem nach der Implantation von endobronchialen Ventilen in Betracht gezogen werden^[239, 249]. Die Rate an postinterventionellen Pneumothoraces nach Coils und anderen endoskopischen Verfahren in der Volumenreduktion ist deutlich geringer. In den vorliegenden Studien erfolgte die postinterventionelle Röntgendiagnostik unmittelbar nach der Intervention. Weitere Kontrollen des Röntgen –Thorax sollten symptomorientiert erfolgen.

E 45	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad B	Wir schlagen vor, bei stabilen Patienten ohne klinische Zeichen eines Pneumothorax insbesondere in folgenden Situationen auf routinemäßige bildgebende Diagnostik zu verzichten: <ul style="list-style-type: none"> • nach Pleurapunktion, wenn nur eine Nadelpassage erforderlich war und keine Luft aspiriert wurde. • nach transbronchialer Lungen-Biopsie, wenn diese mit einer Biopsiezange durchgeführt wurde und in der Nachbeobachtungsphase keine anhaltenden Entsättigungseignisse auftreten. 	
Evidenzgrad 4	Literatur: de Novo Recherche: Doyle1996 ^[233] , Pihlajamaa 2004 ^[234] , Du Rand 2013 ^[250]	
	Konsensstärke: 100%	

Aufgrund der Evidenz^[225, 233, 234, 250, 251] geht die Leitliniengruppe davon aus, dass bei der überwiegenden Mehrzahl unkomplizierter Pleuraerguss-Punktionen und transbronchialer Zangenbiopsie die postinterventionelle Röntgendiagnostik das Management des Patienten nicht beeinflusst und dass die damit verbundene Strahlenexposition vermeidbar ist. Diese Vorgehensweise kann dann als sicher angesehen werden, wenn postinterventionell über mindestens 2 Stunden eine strukturierte Patientenüberwachung inklusive Monitoring typischer Pneumothorax - Symptome erfolgt und der Patient bei Entlassung über die Möglichkeit eines Spätpneumothorax und entsprechende Verhaltensregeln aufgeklärt wird. Diese Empfehlung sollte aber nicht auf die transbronchiale Kryobiopsie ausgeweitet werden, da diese Methode der Materialentnahme insbesondere bei fibrosierenden Parenchymerkrankungen mit einer deutlich höheren Pneumothorax-Rate (28%) assoziiert ist^[229] (Tabelle 6).

E 46	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad	Wir schlagen vor, bei ausreichender Expertise die Pleurasonographie in der Diagnostik des postinterventionellen Pneumothorax als Alternative	

B	zum Röntgenthorax einzusetzen.
Evidenzgrad 2	Literatur: Leitlinienadaptation BTS 2010: Shostak 2013 ^[79] , Sartori 2007 ^[74] de Novo Recherche: Garofalo 2006. ^[252] , Kreuter 2011 ^[226] , Kumar ^[227] , Reißig 2005 ^[228]
	Konsensstärke: 100%

Die sonographische Untersuchung des Thorax nach Intervention zeigt eine hohe Sensitivität und Spezifität, wie mehrere Studien^[74, 79, 226-228, 252] zur Ultraschalldiagnostik beim postinterventionellen Pneumothorax belegen (siehe Tabelle S2, Supplement).

Aus diesem Grunde geht die Leitliniengruppe davon aus, dass die thorakale Sonographie in der Diagnostik des postinterventionellen Pneumothorax bei ausreichender Erfahrung des Untersuchers dem Röntgenthorax zumindest als gleichwertig angesehen werden kann und in bestimmten Situationen auch Vorteile bieten kann, in denen ein Röntgenthorax in Standardtechnik nicht möglich ist (z. B. bettlägerigen Patienten, Intensivstation). Bleibt die Situation aufgrund der Sonographie unklar, sollte sich die radiologische Diagnostik anschließen. Dies kann auch zur Quantifizierung eines sonographisch delektierten Pneumothorax erforderlich sein, da eine Größenabschätzung sonographisch nur eingeschränkt möglich ist.

E 47	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Bei Patienten ohne Atemnot und kleinem postinterventionellem Pneumothorax empfehlen wir die Verlaufsbeobachtung. Bei großem oder symptomatischem Pneumothorax empfehlen wir die Anlage einer Thoraxdrainage.	
Evidenzgrad 4	Literatur: de Novo Recherche: Nour-Eldin 2009 ^[253] , Nour-Eldin 2011 ^[254]	
	Konsensstärke: 100%	

Es existieren keine prospektiven kontrollierten oder randomisierten Studien bezüglich der Kriterien, wann eine aktive Therapie beim postinterventionellen Pneumothorax indiziert ist. In den publizierten, überwiegend retrospektiven Fallserien besteht Einigkeit darüber, dass sowohl ein klinisches Kriterium als auch ein Größenkriterium Anwendung finden sollte, wobei ersterem der Vorrang zu geben ist^[192, 205, 209, 210, 212, 253-255].

Das Ausmaß des Pneumothorax wird entsprechend dem Kapitel „Bildgebende Diagnostik mit großem und kleinem Pneumothorax“ definiert^[88]. Somit besteht die Indikation zur Anlage einer Thoraxdrainage bei symptomatischen Patienten oder bei großem Pneumothorax.

E 48	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Als Therapie der ersten Wahl empfehlen wir die Anlage einer kleinlumigen Thorax-Drainage mit Applikation von Sog.	
Evidenzgrad 4	Literatur: de Novo Recherche: Ayyappan 2008 ^[205] , Malone 2013 ^[255] , Gupta 2008 ^[209] , Nour-Eldin 2009 ^[253] , Nour-Eldin 2011 ^[254]	
	Konsensstärke: 93%	

Bezüglich der Drainagegröße und der Applikation von Sog gibt es keine prospektiven kontrollierten oder randomisierten Studien. In den überwiegend retrospektiven Fallserien kommen Drainagegrößen von 8-22 Ch. zur Anwendung^[205, 209, 253-255]. Auch eine ambulante Behandlung des postinterventionellen Pneumothorax mit Drainagen und Heimlich-Ventil ist in Fallserien beschrieben worden und durchführbar^[209]. Bei Ineffektivität dieser Methode ist aber in der Regel die Applikation von Sog über ein Wasserschloss unter stationären Bedingungen erforderlich^[205, 209, 255]. Es handelt sich in der Regel um Patienten mit einer zugrundeliegenden Lungenerkrankung. Aus diesem Grunde sind die Prinzipien der Behandlung des sekundären Spontanpneumothorax anwendbar.

E 49	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad 0	Tritt ein Pneumothorax unter einer CT-gesteuerten Intervention auf, kann bei moderater Ausprägung und Symptomatik eine einmalige Aspiration durchgeführt werden. Kann die Symptomatik oder Größenausdehnung des Pneumothorax hierdurch nicht kontrolliert werden, empfehlen wir die Anlage einer Thoraxdrainage.	
Evidenzgrad 4	Literatur: de Novo Recherche: Nour-Eldin 2011 ^[254] , Yamagami 2009 ^[256]	
	Konsensstärke: 100%	

Die einmalige Aspiration eines postinterventionellen Pneumothorax wurde in der Literatur vor allem im Zusammenhang mit CT-gesteuerten Interventionen untersucht. Die vorliegenden einarmigen unkontrollierten Studien^[254, 256] liefern keinen wissenschaftlichen Beweis dafür, dass mit einer einmaligen Aspiration eines postinterventionellen Pneumothorax die Anlage einer Thoraxdrainage vermieden werden kann. Die manuelle Aspiration kann als Alternative zur sofortigen Anlage einer Thoraxdrainage angesehen werden, wenn der Pneumothorax unter der Intervention eine moderate Ausprägung (< 2 cm) aufweist.

E 50	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad A	Bei persistierendem Luftleck (>5 Tage) oder ungenügender Entfaltung der Lunge empfehlen wir die Hinzuziehung eines Thoraxchirurgen.	
Evidenzgrad EK	Literatur: Expertenkonsens	
	Konsensstärke: 100%	

Trotz der weitgehenden fehlenden Evidenz hält die Leitlinien-Gruppe die Definition eines Zeitintervalls für sinnvoll, nachdem zusätzliche Interventionen erwogen werden sollen, falls eine persistierende Luftleckage besteht oder sich die Lunge nach Anlage der Thoraxdrainage nicht vollständig entfaltet. Wir empfehlen die Beratung mit einem Pneumologen/Thoraxchirurgen wie beim PSP/SSP nach 24 bzw. 48 Stunden.

E 51	Empfehlung	2017
Empfehlungsgrad	Nach einem postinterventionellen Pneumothorax sind Pneumothorax-	

A	spezifische Nachsorgemaßnahmen oder Verhaltenseinschränkungen im Alltag nicht erforderlich.
Evidenzgrad EK	Expertenkonsens
	Konsensstärke: 100%

Wir empfehlen nach einem postinterventionellen Pneumothorax keine spezifischen Nachsorgemaßnahmen oder Verhaltenseinschränkungen im Alltag.

Prospektive Studien zur Nachsorge nach postinterventionellem Pneumothorax liegen nicht vor. Es gelten die Verhaltensregeln nach einem Spontanpneumothorax wie in den entsprechenden Kapiteln angegeben.

Supplement

Tabellen

Tabelle S1: Bewertung Thoraxsonographie zur Diagnostik eines Pneumothorax

Autor	Studientyp	Patientenkollektiv	Sono		Röntgen	
			Sensitivität	Spezifität	Sensitivität	Spezifität
Abbasi et al., Eur J Emergency Med 2013 ^[257]	Prospektive nicht randomisierte Diagnosestudie	N=153 post Trauma	86.4%	100%	48,6%	100%
Alrajab et al. Critical Care 2013, 17:R208 ^[75]	Review und Metaanalyse	N=1514, hauptsächlich post trauma	78.6%	98.4%	39.8%	99.3%
Alrajhi, Chest 2012 ^[76]	Systemat Review und Metaanalyse	N=1048, Röntgen in 864 Patienten, hauptsächlich post Trauma	90.9%	98.2%	50.2%	99.4%
Ding et al., Chest 2011 ^[77]	Metaanalyse	Hauptsächlich Trauma oder nach Intervention	88%	99%	52%	100%
Jalli , Emerg Radiol, 2013 ^[78]	Prospektive nicht randomisierte Diagnosestudie	N=197 post Trauma	80%	89%	61%	98%
Kreuter et al., Ultraschall Med 2011 ^[226]	Prospektive nicht randomisierte Diagnosestudie	N=1023 post bronchosk. Intervention	100%	83%		
Refaat, Egyptian J Radiol Nucl Med, 2013 ^[258]	Prospektive Diagnosestudie	N=90, Intensivmedizin mit Atemversagen	92%	100%		
Sartori, AJR 2007 ^[74]	Prospektive Diagnosestudie	N=285, post US-gesteuerte Lungenbiopsie	100%	100%	87%	100%
Shostak, J Ultrasound Med 2013 ^[79]	Prospektive Diagnosestudie	N=185, post Intervention	75/88%	97%		
Vezzani Crit Care Med 2010 ^[80]	Prospektive Diagnosestudie	N=111, nach ZVK	N=4		N=2	
Volpicelli Intensive Care Med 2014 ^[81]	Prospektive Diagnosestudie	N=124 mit Ptx, spontan, post Trauma oder Intervention	81,4-88,2%	64,7-72,6%		
Xirouchaki Intensive Care Med 2011 ^[82]	Prospektive Diagnosestudie	N=42 beatmete Pat.	75%	93%		

Tabelle S2: Studien zur Performance der Pleurasonographie in der Diagnostik des postinterventionellen Pneumothorax

Sono= Pleurasonographie; RöTh= Röntgenthorax; Sono limitiert= eingeschränkte Schallbedingungen (Pleuraerguss, Pleuraschwarte, Bulla, Obesitas); PP= Pleurapunktion; TBB= transbronchiale Biopsie; CT-TTNB= CT-gesteuerte transthorakale Nadelbiopsie; pPD= passagere Pleuradrainage; Sono-TTNB: sonographiegesteuerte transthorakale Nadelbiopsie; CT= Computertomographie; k.A.= keine Angaben
§: 6 falsch-positive Befunde in der Pleurasonographie (Aufhebung des Lungengleitens durch pleurale Verwachsungen). In allen 6 Fällen konnte ein Pneumothorax im RöTh sicher ausgeschlossen werden.

Autor	Intervention	Referenz-Methode	Pneus gesamt	Pneus Sono	Pneus RöTh	Sensiti- vität	Spezifi- tät	Treffsi- cherheit	Sono limitiert
Shostak 2013 [79]	PP n=60 TBB n=48 CT-TTNB n=77	RöTh	n=8 4%	n=7 3,8%	n=8 4%	88%	97%	97%	n=47 25,4%
Garofalo 2006 [252]	CT-TTNB n=184	CT & RöTh	n=46 25%	n=44 23,9%	n=19 10,3%	95,6%	100%	98,1%	n=0 0%
Kreuter 2011 [226]	TBB n=1023	RöTh	n=30 2,9%	n=36 [§] 3,5%	n=30 2,9%	100%	83%	99%	n=6 [§] 0,6%
Kumar 2015 [227]	TBB n=113	RöTH	n=8 7%	n=8 7%	n=7 6,2%	100%	100%	100%	k.A.
Reißig 2005 [228]	TBB n=35 pPD n=18	RöTh	n=4 7,5%	n=4 7,5%	n=3 5,7%	100%	100%	100%	k.A.
Sartori 2007 [74]	Sono-TTNB n=285	RöTh	n=8 2,8%	n=8 2,8%	n=7 2,4%	100%	100%	100%	k.A.