

# Chirurgische Lungenvolumenreduktion

C. Caviezel, D. Franzen, W. Weder



Die Lungenvolumenreduktionschirurgie ermöglicht bei selektierten Patienten mit chronisch-obstruktiver Pneumopathie und Lungenemphysem eine Verringerung der Dyspnoe, Verbesserung der Lungenfunktion und der Lebensqualität sowie eine Verlängerung des Überlebens. Die Auswahl der geeigneten OP-Kandidaten bedingt eine multidisziplinäre Zusammenarbeit und setzt bestimmte lungenfunktionelle, radiologische und kardiale Patienteneigenschaften voraus.

## Einleitung

Der „National Emphysema Treatment Trial“ (NETT) wurde 2003 publiziert und war die größte multizentrische, randomisierte Studie, welche bei Patienten mit schwerem Emphysem die Lungenvolumenreduktionschirurgie (engl. Lung Volume Reduction Surgery, LVRS) mit einer rein konservativen medizinischen Behandlung verglich [1]. Mehr als 1200 Patienten wurden insgesamt eingeschlossen, und es konnten in der LVRS-Gruppe deutliche Verbesserungen bezüglich Lungenfunktion, Gehdistanz, Lebensqualität und sogar Überleben gezeigt werden. Patienten mit apikal betontem, heterogenem Emphysem profitierten am meisten [2, 3]. Darüber hinaus gab es bereits einzelne Zentren, welche ebenfalls über ihre Erfolge mit LVRS berichten konnten (► **Tab. 1**).

Zwei Jahre vor Veröffentlichung aller NETT-Resultate wurde bereits über eine initial noch eingeschlossene Hochrisikogruppe des NETT berichtet [4]. Patienten mit einem forcierten Erstsekundenvolumen in einer Sekunde (FEV1) weniger als 20% vom Soll zusammen mit einem homogenen Emphysemmuster oder mit einer Diffusionskapazität weniger als 20% vom Soll wiesen eine postoperative Mortalität bis hin zu 25% auf. Aufgrund dieser 69 Patienten wurden fortan die NETT-Re-

krutierungskriterien für die LVRS entsprechend angepasst.

Trotzdem trug die Publikation den verhängnisvollen Titel „Patients at high risk of death after lung volume reduction surgery“ („Patienten mit hohem Todesrisiko nach Lungenvolumenreduktionschirurgie“). Diese Publikation führte zu einer ausgeprägten Fehlinterpretation der gesamten LVRS-Resultate. Die damals aufstrebende chirurgische Behandlung des Emphysems erfuhr einen Rückschlag, von dem sie sich nur schwer erholte, respektive noch immer nicht ganz erholt hat [3].

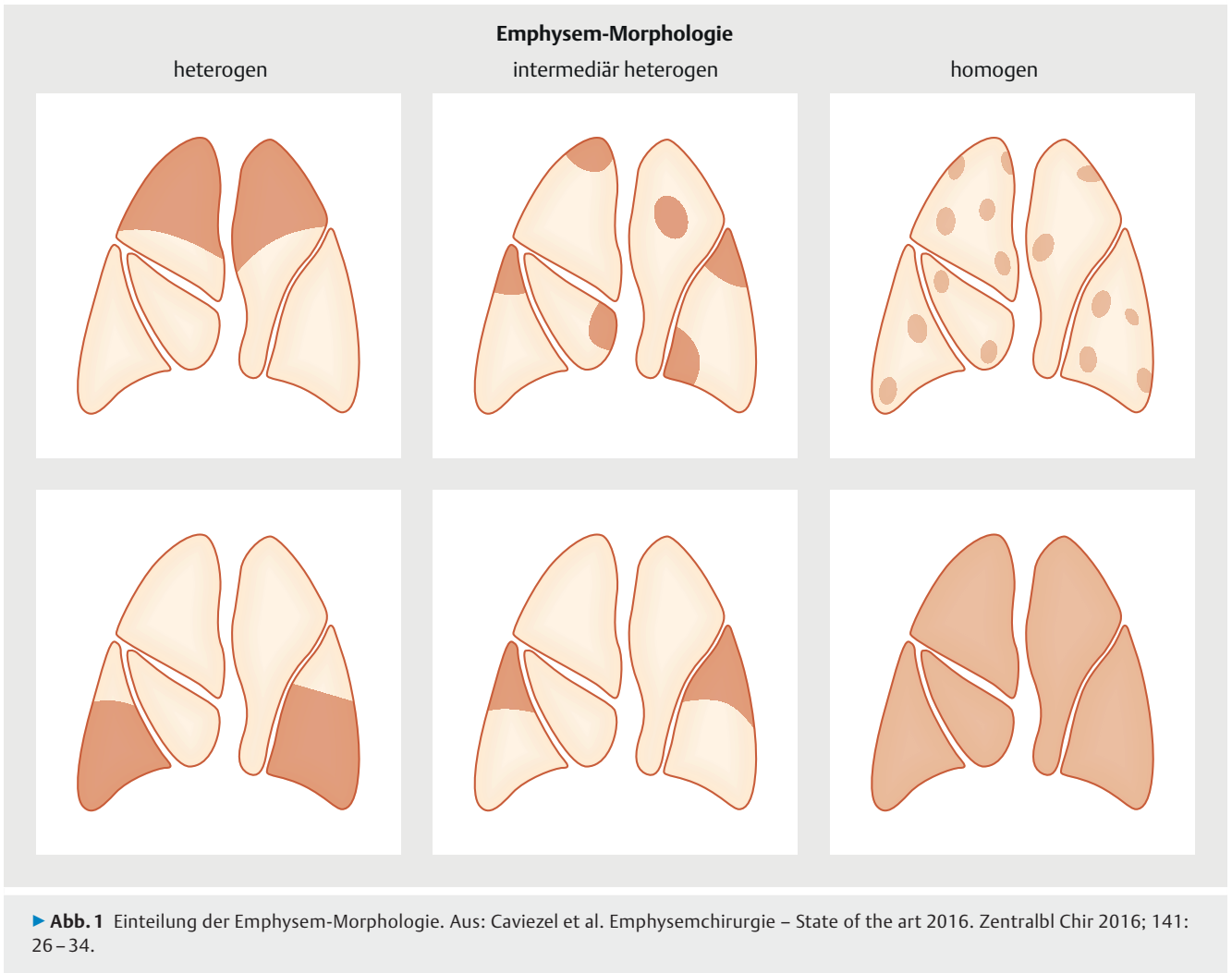
Heutzutage sind sich viele Ärzte, die mit COPD-Patienten zu tun haben, des potenziellen Benefits der LVRS gar nicht bewusst [5]. Die LVRS kann mittlerweile mit einem geringen Letalitäts- und Morbiditätsrisiko durchgeführt werden.

### Cave

**Die Publikation „Patients at high risk of death after lung volume reduction surgery“ von 2001 bezog sich nur auf 69 Patienten, welche einer Hochrisikogruppe angehörten. Die komplette Studie – publiziert 2003 – zeigte sehr gute Resultate für die LVRS.**

► **Tab. 1** Single-Center-Studien zur LVRS (Lung Volume Reduction Surgery).

Autor	N	Perioperative Mortalität	FEV1 %Δ nach 6 Monaten	Effektdauer
Senbaklavaci 1999 [26]	91	5,5%	28%	keine Angabe
Brenner 2000 [27]	237	keine Angabe	69%	> 2 Jahre
Flaherty 2001 [28]	98	5,6%	50%	> 3 Jahre
Ciccione 2003 [15]	250	4,8%	54%	> 5 Jahre
Weder 2005 [21]	212	2,4%	41%	> 5 Jahre



Dieser Fortbildungsartikel soll über die Patientenselektion, die Technik und die Resultate der LVRS informieren. Nach der Lektüre soll der Leser in die Lage versetzt werden, einen Kandidaten zu erkennen, um ihn einem entsprechenden LVRS-Zentrum zuzuweisen. Der Zuweiser soll die Risiken und Erfolgsaussichten abschätzen und den Patienten über den perioperativen Ablauf informieren können.

## Emphysem-Morphologie

Eine chirurgisch-orientierte Einteilung der verschiedenen Emphysemtypen anhand der Computertomografie wurde 1997 von Weder et al. eingeführt [6]. Der eindeutig heterogene Typ umfasst mindestens zwei benachbarte Segmente, die sich im Schweregrad des Emphysems deutlich hervorheben, entweder auf die Ober- oder Unterlappen bezogen. Der intermediär heterogene Typ weist mehrere Zielzonen auf, die allerdings nicht in benachbarten Segmenten vorkommen. Der homogene Typ lässt keine eindeutig stärker betroffene Region erkennen (► **Abb. 1**).

## Mechanismen der Volumenreduktion

Eine Volumenreduktion an der überblähten Emphysem-Lunge stellt ansatzweise die normale Größe der Lunge wieder her und nähert das totale Lungenvolumen (TLC) dem Soll an [7]. Das vorher abgeflachte Zwerchfell hat eine schlechte funktionelle Ausgangsposition, da die Muskelfaserlänge verkürzt ist und die Insertion an den Rippen beinahe senkrecht verläuft. Aufgrund des gewonnenen Platzes intrathorakal gelangt das Zwerchfell wieder mehr nach kranial und erhält stückweise seine abgerundete Buckelform zurück. Dadurch wird das Residualvolumen (RV) reduziert, und die elastische Retraktion der Lunge verbessert sich. Dem Zwerchfell als wichtigster Atemmuskel wird mehr Kraft und Arbeitskapazität zurückgegeben, woraufhin sich die Atemarbeit und somit die Dyspnoe verringern [8].

## FALLBEISPIEL 1

**Apikal betontes heterogenes Emphysem beidseits**

Ein damals 68-jähriger Patient mit COPD GOLD IV und bilateralem Lungenemphysem wurde Anfang 2013 zur Evaluation einer Lungenvolumenreduktion vorgestellt. Seit einer Exazerbation vor drei Monaten war er dauerhaft sauerstoffpflichtig (2l während 16 h täglich). Im 6-Minuten-Gehtest schaffte er 225 m. Die Lungenfunktionswerte sind in ► **Tab. 2** wiedergegeben. Ansonsten bestanden keine Nebenerkrankungen, das Zigarettenrauchen (50 Pack Years) war 1992 eingestellt worden. Die deutlich abgeflachten Zwerchfelle sind in ► **Abb. 2** zu sehen. Der Patient weist ein heterogenes, apikal betontes Emphysem beidseits auf (► **Abb. 3**). Die Perfusionsszintigrafie bestätigt die Befunde (► **Abb. 4**).

Es wurde eine bilaterale thorakoskopische Lungenvolumenreduktion an beiden Oberlappen durchgeführt. Postoperativ zeigte sich unilateral ein prolongiertes Fisteln, die letzte Thoraxdrainage konnte aber am 12. Tag postoperativ entfernt werden. Ansonsten zeigte sich ein unauffälliger Verlauf, und der Patient wurde nach insgesamt 15 Hospitalisationstagen in die Rehabilitation entlassen. Drei Monate postoperativ zeigte sich exemplarisch ein FEV1 von 61 % Soll, und der Patient berichtete über eine deutliche subjektive Besserung.

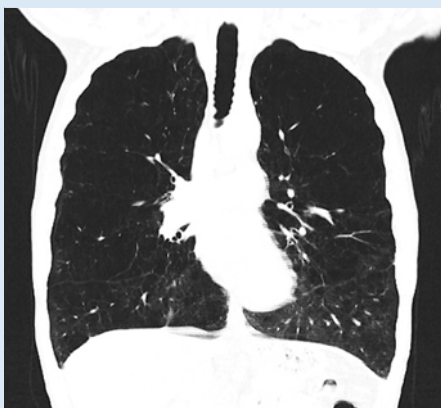


► **Abb. 2** Sagittales konventionelles Röntgenbild: deutlich abgeflachte Zwerchfelle.

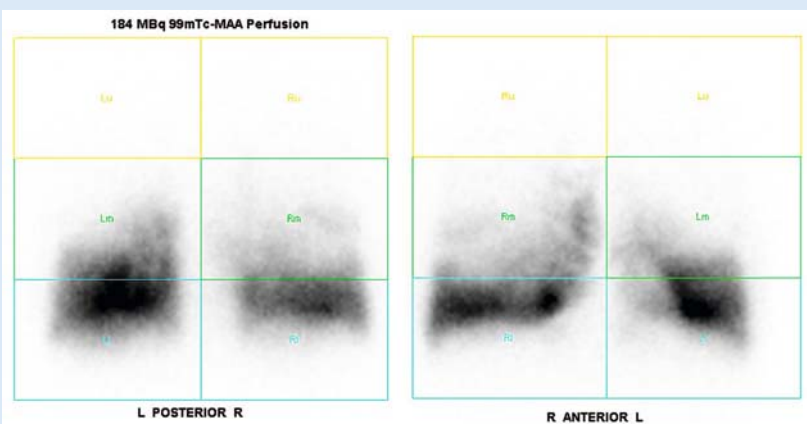
► **Tab. 2** Lungenfunktionswerte eines 68-jährigen Patienten mit apikal betontem heterogenem Emphysem beidseits.

Parameter	Messergebnis
FEV1	1,17l (31 % Soll)
TLC	10,14l (130 % Soll)
RV	7,09l (263 % Soll)
RV/TLC	70 % Soll
DLCO	44 % Soll

FEV1: forciertes expiratorisches Volumen in 1 Sekunde; TLC: totale Lungkapazität; RV: Residualvolumen; DLCO: CO-Diffusionskapazität.



► **Abb. 3** Koronale CT-Aufnahme: heterogenes, apikal betontes Emphysem beidseits.



► **Abb. 4** Perfusionsszintigrafie: heterogenes, apikal betontes Emphysem beidseits.

### Merke

Nach Reduzierung der überblähten Anteile gelangt das abgeflachte Zwerchfell mehr nach kranial und erhält seine Rundung zurück. Je mehr dieser ursprünglichen Form erreicht wird, desto größer scheint der positive Effekt auf die Atemarbeit zu sein.

## Indikationsstellung

Patienten mit COPD GOLD III–IV haben in der Regel in der jüngeren Vergangenheit mindestens einmal eine CT-Diagnostik des Thorax erhalten. Bei allen Patienten mit COPD und/oder persistierender Dyspnoe ist eine computertomografische Standortbestimmung indiziert [9]. Grundsätzlich qualifizieren alle Emphysem-Morphologien für eine LVRS [10]. Letztlich ausschlaggebend für eine erfolgreiche Indikation sind das Ausmaß der Überblähung, bestimmte Parameter der Lungenfunktion und der Ausschluss einiger Begleitkrankheiten.

Mittels Anamnese und klinischer Untersuchung kann bereits erkannt werden, ob der Patient klinisch überbläht ist. Häufig klagen die Patienten über ein Völlegefühl oder die Unfähigkeit, größere Mahlzeiten einzunehmen. Gehstrecken werden häufig für Pausen mit aufgestützten Armen unterbrochen. Typischerweise zeigt sich ein „Fassthorax“. Bereits das konventionelle Röntgenbild weist die Merkmale des Emphysems auf und zeigt abgeflachte Zwerchfelle, viel retrosternalen Raum (► **Abb.2**) und im Falle der oberlappenbetonten Morphologie nach kaudal gedrückte Hili.

Zur lungenfunktionellen Beurteilung werden Spirometrie, Bodyplethysmografie sowie CO-Diffusionsmessung benötigt. Das FEV1, die totale Lungenkapazität (TLC), das Residualvolumen (RV), die CO-Diffusionskapazität (DLCO) und der Überblähungsparameter (RV/TLC) werden für die Kandidatenauswahl miteinbezogen.

### Cave

Die RV-TLC-Ratio steht für die Überblähung und wird anhand der Bodyplethysmografie gemessen. Errechnete Werte sind unbrauchbar. Grundsätzlich gelten Patienten mit einer RV/TLC > 60 % Soll als relevant überbläht.

Die meisten Zentren verwenden vergleichbare LVRS-Einschlusskriterien [11–14]. Unsere eigenen Selektionskriterien sind in ► **Tab.3** aufgeführt.

Grundsätzlich verbietet sich nach den Erfahrungen des NETT eine chirurgische Volumenreduktion bei Patienten mit einem homogenen Emphysem und einer FEV1 unter 20 % des Solls oder letztere in Kombination mit einer Diffusionskapazität unter 20 % des Solls [4]. Es

► **Tab.3** Selektionskriterien für die LVRS (Universitätsspital Zürich).

	Einschluss	Ausschluss
<b>Patient</b>	kein Zigarettenrauchen > 4 Monate; abgeschlossene pulmonale Rehabilitation	tägliche Steroiddosis > 20 mg
<b>CT-Morphologie</b>	Lungenemphysem, alle Morphologien	signifikante Bronchiektasen
<b>Lungenfunktion</b>	FEV1 < 45 %; TLC > 100 %; RV > 150 %	FEV1 < 20 % und DLCO < 20 % bei <b>homogenem</b> Emphysem
<b>6-Minuten-Gehtest</b>	< 450 m	> 600 m
<b>Gasaustausch</b>	–	paCO <sub>2</sub> > 50 mmHg und paO <sub>2</sub> < 45 mmHg bei <b>homogenem</b> Emphysem

findet sich aber auch Evidenz für eine LVRS bei sehr knappen Lungenfunktionswerten, solange aufgrund der Emphysem-Heterogenität ein klares Resektionsziel identifiziert werden kann und der Patient deutlich überbläht ist [15]. Rein homogene Emphyseme sollten nicht operiert werden, wenn die Diffusionskapazität unter 20 % des Solls liegt.

### Cave

Eine Diffusionskapazität < 20 % in Verbindung mit einem homogenen Emphysem stellt eine klare Kontraindikation der LVRS dar. Das Risiko einer Parenchymresektion bei einer solchen „Vanishing Lung“ ist zu groß.

Liegen die in ► **Tab.3** genannten Einschlussfaktoren vor, sollte der Patient einem LVRS-Zentrum mit multidisziplinärem Emphysem-Board zugewiesen werden [13]. Für homogene Emphyseme bestehen dieselben Indikationskriterien. Auch hier ist ein deutlicher Benefit zu erwarten, wenn der Patient überbläht ist [16].

### Merke

Der geeignete LVRS-Kandidat ist nicht nur funktionell, sondern auch klinisch deutlich überbläht. Die Anamnese (kleine Nahrungsmengen, Gehpausen mit Abstützen der Arme) und die körperliche Untersuchung (typischer Fassthorax) sind hier wegweisend.

Obwohl die Evidenz für LVRS bei Unterlappen-betonten Emphysemen rar gesät ist, empfehlen wir hier das gleiche Vorgehen wie beim Oberlappen-betonten Emphysem [15]. Physiologisch lässt sich derselbe Effekt erwarten.

Eine besondere Gruppe stellen Patienten mit **Alpha-1-Antitrypsin-Mangel** dar. Dort zeigt sich oft ein stark heterogenes, Unterlappen-betontes Emphysem. Kleinere Fallserien konnten hier einen durchaus positiven Effekt nach LVRS zeigen, der allerdings nicht so lange anhält wie bei den übrigen LVRS-Patienten und nach 2,5–3 Jahren wieder verschwindet. Je heterogener das Emphysem und je weniger häufig die Infektexazerbationen sind, desto eher führt die LVRS bei Patienten mit Alpha-1-Antitrypsin-Mangel zum Erfolg [17, 18].

#### Merke

Eines der evidenzbasierten Erfolgskriterien für LVRS beim Alpha-1-Antitrypsin-Mangel ist das heterogene Emphysem. Nichtsdestotrotz können sogar Patienten mit homogenem Emphysem profitieren, wenn eine starke Überblähung besteht, wie Fallbeispiel 3 zeigt.

## Präoperative Abklärungen

Vorzugsweise wird jeder Patient im Rahmen einer interdisziplinären Emphysemkonferenz, bestehend aus Pneumologen und Thoraxchirurgen, besprochen [13]. Erstere sollten auch Erfahrung in bronchoskopischer Lungenvolumenreduktion haben und diese entsprechend anbieten.

### Pneumologische Abklärung

Für die Indikationsstellung verlangen wir neben der Anamnese, Klinik und Spirometrie mit Bodyplethysmografie eine Computertomografie des Thorax nicht älter als sechs Monate, eine Perfusionsszintigrafie nicht älter als neun Monate und vorzugsweise eine Densitometrie der CT-Bilder. Letztere wird von verschiedenen Software-Firmen angeboten und erleichtert das Definieren der emphysematösen Zielareale respektive Zonen mit maximaler Destruktion [19].

### Kardiale Abklärung

Da der typische COPD-Patient häufig nicht ausreichend belastet werden kann, um beispielsweise eine mögliche Angina pectoris zu spüren, gilt wie bei allen Rauchern der kardialen Abklärung ein besonderes Augenmerk. Neben einem Ruhe-EKG und einem Thorax-Röntgen in zwei Ebenen führen wir eine transthorakale Echokardiografie (TTE) und ggf. eine nuklearmedizinische Ischämiediagnostik durch. Mit der TTE sollen auf eine pulmonal-arterielle Hypertonie „gescreent“, die linksventrikuläre Ejektionsfraktion gemessen und allfällige Klappenvitien entdeckt werden.

Ein systolischer pulmonal-arterieller Druck im TTE über 35 mmHg verlangt eine invasive Abklärung mittels Rechtsherzkatheter. Ein invasiv gemessener Mittel- druck (mPAP) über 35 mmHg oder ein systolischer pulmonalarterieller Druck (sPAP) über 45 mmHg wiederum gelten als Kontraindikationen gegen eine LVRS [3]. Je nach Risikofaktoren führen wir präoperativ eine SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) durch.

Indikationen für eine **SPECT vor LVRS** sind:

- Z. n. Myokardinfarkt (anamnestisch oder EKG)
- Z. n. Revaskularisation länger als fünf Jahre
- klinische oder radiologische Zeichen der Herzinsuffizienz
- neu entdeckter, vollständiger Linksschenkelblock im EKG
- Diabetes mellitus Typ I oder II und Alter über 40 Jahre
- Treppensteigen weniger als ein Stockwerk möglich
- Alter > 75 Jahre und mehr als zwei der folgenden kardialen Risikofaktoren:
  - arterielle Hypertonie
  - positive Familienanamnese
  - Hypercholesterinämie
  - Adipositas (BMI  $\geq 35$  kg/m<sup>2</sup>)
  - Diabetes mellitus

Je nach Anamnese, Ergebnis im TTE, SPECT oder neu entdeckter Klinik wird ein Sprechstundentermin bei einem Kardiologen organisiert. Indikationen für ein **kardiologisches Konsilium vor LVRS** sind dabei folgende:

- Angina pectoris (auch bei Vorliegen eines negativen Ischämietests)
- positiver Ischämienachweis (Ergometrie, Dobutrex-Stressecho, SPECT, Perfusions-MRT)
- linksventrikuläre Ejektionsfraktion < 45%
- unklare Rhythmusstörungen:
  - anamnestisch erfasste Palpitationen
  - Tachykardie oder Bradykardie
  - multiple oder polymorphe Extrasystolen im Ruhe-EKG
- unkontrollierte systemarterielle Hypertonie: systolisch > 200 mmHg, diastolisch > 110 mmHg

## FALLBEISPIEL 2

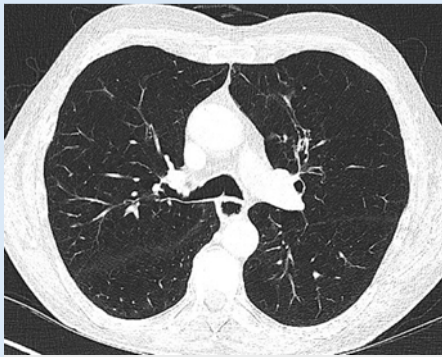
### Intermediär heterogenes Emphysem nach erfolgloser BLVR

Ein 67-jähriger Patient wurde vorstellig zur Abklärung einer LVRS, nachdem ihm extern vor fast einem Jahr bronchoskopisch zwölf Ventile in den linken Oberlappen eingesetzt worden waren. CT-morphologisch fand sich ein intermediär heterogenes Emphysem mit Akzentuierung im linken apikalen Oberlappen (► **Abb. 5**) und in beiden anterioren Unterlappen (► **Abb. 6**, ► **Abb. 7**). Initial bestand nach der Ventileinlage subjektiv eine deutliche Besserung, welche aber bereits nach wenigen Wochen nachließ. Aktuell sind die in ► **Tab. 4** dargestellten Lungenfunktionswerte messbar.

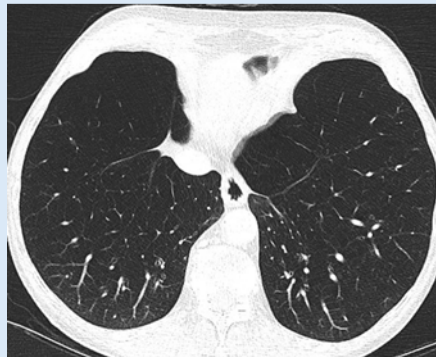
Neun von zwölf Ventilen wurden bronchoskopisch entfernt, drei aufgrund ihrer sehr peripheren Lage belassen. Außer einer Prostatahyperplasie bestanden keine Nebenerkrankungen, das Zigarettenrauchen (90 Pack Years) war vor drei Jahren eingestellt worden. Es bestand eine dauerhafte Sauerstofftherapie von 2l täglich während zwölf Stunden.

Wir indizierten eine beidseitige thorakoskopische LVRS, welche rechts am anterioren Unterlappen und links am apikalen Oberlappen und anterioren Unterlappen durchgeführt wurde. Postoperativ wurde die letzte Thoraxdrainage am fünften postoperativen Tag entfernt, und der Patient wurde drei Tage später in die Rehabilitation entlassen.

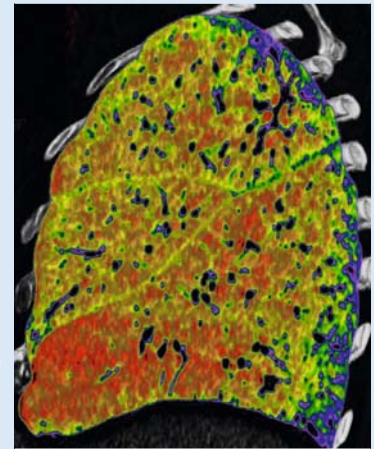
Drei Monate später berichtete der Patient über eine deutliche subjektive Verbesserung, der Dauersauerstoff wurde nur noch bei starker Belastung benötigt. Lungenfunktionell zeigte sich eine Zunahme des FEV1 auf 32% Soll und eine Abnahme der Überblähung (RV/TLC) auf 56% Soll.



► **Abb. 5** Axiale CT-Aufnahme: intermediär heterogenes Emphysem mit Akzentuierung im linken apikalen Oberlappen.



► **Abb. 6** Axiale CT-Aufnahme: intermediär heterogenes Emphysem mit Akzentuierung in beiden anterioren Unterlappen.



► **Abb. 7** Sagittale CT-Densitometrie: intermediär heterogenes Emphysem mit Akzentuierung in beiden anterioren Unterlappen.

► **Tab. 4** Lungenfunktionswerte eines 67-jährigen Patienten mit intermediär heterogenem Emphysem nach erfolgloser BLVR.

Parameter	Messergebnis
FEV1	1,59l (19% Soll)
TLC	9,9l (147% Soll)
RV	6,88l (272% Soll)
RV/TLC	70% Soll
DLCO	29% Soll

FEV1: forciertes expiratorisches Volumen in 1 Sekunde; TLC: totale Lungkapazität; RV: Residualvolumen; DLCO: CO-Diffusionskapazität.

## Chirurgische Technik am Beispiel der apikal betonten beidseitigen Emphysem-Morphologie

Die LVRS wird in Narkose mit Doppellumenintubation durchgeführt. Eine Epiduralanästhesie begleitet in der Regel die Allgemeinnarkose. Für eine bilaterale thorakoskopische LVRS bei einem beidseits apikal betonten Emphysem wird der Patient in Rückenlage gelagert (► **Abb. 8**). Damit können beide Seiten ohne Umlagern angegangen werden. Für die Operation auf der rechten Seite wird der Tisch nach links gedreht und umgekehrt. Die Zugänge befinden sich in der Regel im 4. oder 5. Interkostalraum (ICR) in der Submammärfalte, vorzugsweise alle im selben ICR. Mittels Lungenfasszangen wird das Zielgebiet identifiziert und vormodelliert, je nach Situation ist eine vorsichtige und langsame Wiederbelüftung nötig (► **Abb. 9**).

Mit der Lungenfasszange wird der geplante Resektionspfad simuliert, gefolgt vom Absetzen des Gewebes mittels Klammernahtgerät (► **Abb. 10**, ► **Abb. 11**). Wir verwenden aus eigener guter Erfahrung in der Regel 60-mm-Magazine mit 4,8-mm-Klammern, der erste Resektionsschritt erfolgt zum Teil gerne mit einem 45-mm-Magazin. Typischerweise beginnt die Resektion auf Höhe der V. azygos, um dann „Hockey-Stick“-förmig nach dorsal zu verlaufen. Damit soll die ursprüngliche abgerundete apikale Form der Lunge bewahrt werden.

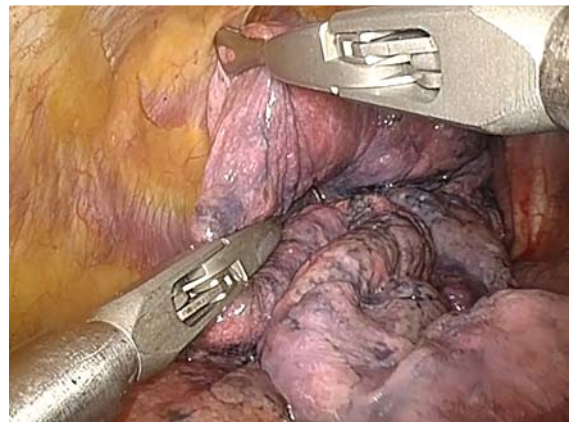
Das genaue Studium der CT-Morphologie hilft, das genaue Resektionsausmaß abzuschätzen. Es gilt unbedingt, Scherkräfte während des Einsatzes des Klammernahtgerätes zu vermeiden, da dort an den Nähten die Gefahr von Einrissen bei diesem fragilen Lungengewebe besonders groß ist. Die Belüftung unter Sicht und die Einlage einer Thoraxdrainage schließen den Eingriff auf dieser Seite ab. Links folgt das gleiche Vorgehen, bloß sind die Zugänge etwas mehr nach dorsal versetzt. Die Resektion beginnt hier normalerweise auf Höhe des Unterrands des Aortenbogens.



► **Abb. 8** Rückenlage. Die Trokarpositionen sind markiert.



► **Abb. 9** Apikal präsentiert sich unter Reventilation das Emphysem, das Lungengewebe unten rechts im Bild zeigt eindeutig bessere Parenchymqualität.



► **Abb. 10** Modellieren des Resektionsgebiets mit Lungenfasszangen.



► **Abb. 11** Absetzen des Zielareals mit dem Klammernahtgerät.

Auf beiden Seiten wird je ein Wasserschloss-System mit 5 cm H<sub>2</sub>O Sog angeschlossen. Wir verwenden ein analoges Wasserschloss-System, da die neuen digitalen Systeme zu unterschiedliche intrapleurale Drücke generieren, um den eingestellten Zielsog im Mittel zu erreichen. Da die Emphysem-lunge aufgrund der Überblähung bereits einen hohen Expansionsdruck aufweist, stellen wir den Sog mit 5 cm H<sub>2</sub>O verhältnismäßig tief ein.

Der Doppellumentubus wird noch im Operationsaal auf eine Larynxmaske gewechselt, welche eine sanftere Ausleitung ermöglicht. Der Patient kommt danach extubiert auf die Intensivstation oder auf die Überwachungsstation.

#### Merke

**Während der Narkose und deren Ausleitung sollte der Patient weder pressen noch husten, damit entsprechende Druckänderungen im Thorax vermieden werden.**

Bei homogenen Emphysemen mit deutlicher Überblähung wird analog den apikal betonten heterogenen Emphysemen vorgegangen. Während der apikalen Resektion wird auf eine abgerundete Parenchymabtragung geachtet, um der kuppelähnlichen Anatomie der Lunge Rechnung zu tragen.

## Postoperative Betreuung

Die meisten Patienten können nach unserer Erfahrung postoperativ auf eine Überwachungsstation verlegt werden, selten wird eine Intensivstation benötigt. Evidenz hierfür gibt es allerdings noch keine. Patienten mit leicht erhöhtem pulmonal-arteriellem Druck (mittels Rechtsherzkatheter gemessene Mittelwerte bis maximal 35 mmHg) oder Patienten mit einer tagsüber und nachts nötigen Heimsauerstofftherapie und beidseitigem Eingriff werden von uns für die Intensivstation vorgesehen.

Eine frühe Mobilisation und tägliche Atemphysiotherapie sind zwingend.

## Postoperative Komplikationen

Die postoperativen Komplikationen drehen sich vor allem um das prolongierte Luftfisteln, d. h. um eine Thoraxdrainagen-Liegedauer von mehr als sieben Tagen. Ginsburg und Kollegen beschreiben eine prolongierte Fistelrate von 57% mit einer Revisionsrate zwecks Fistelverschluss von 3% [11]. Ciccone berichtete von einer 45,2%-Rate an prolongiertem Fisteln, ebenfalls mit einer Revisionsrate von 3% [15]. Unsere eigenen Daten zeigten bereits vor 20 Jahren eine Fistelrate von 35%

und halten sich seither auf diesem Niveau [20]. Aktuell werden von uns etwa 10% aller Patienten einer zweiten Operation zwecks Fistelrevison unterzogen. Die Thematik der eventuell langen Verweildauer der Thoraxdrainage und der allenfalls nötigen Revison muss frühzeitig vom Chirurgen thematisiert und mit dem Patienten besprochen werden, da es sich hier um den häufigsten und wichtigsten Morbiditätsfaktor handelt.

#### Merke

**Die prolongierte Fistelung (Thoraxdrainagedauer > 7 Tage) stellt die häufigste postoperative Komplikation nach LVRS dar. Sie führt zu einer verlängerten Hospitalisationsdauer, benötigt Geduld seitens Patient und Operateur und muss deshalb präoperativ thematisiert werden.**

Die häufig erwähnte frühzeitige Mortalität nach LVRS betrug bei 511 Patienten mit Oberlappen-betontem Emphysem in der NETT-Studie 5,2% während der ersten 90 Tage postoperativ [1]. Die 250 Patienten mit heterogenem Emphysem von Ciccone und Cooper hatten eine 90-Tages-Mortalität von 4% [15]. Ginsburg et al. verzeichneten bei ihren 91 Patienten mit heterogenem Emphysem während sechs Monaten postoperativ keinen Todesfall [11]. Die Gruppe um Waller in Leicester (UK) publizierte bei 265 Patienten, ebenfalls mit heterogenem Emphysem, eine postoperative 30-Tages-Mortalität von 3% [13]. Eigene publizierte Daten weisen bei 212 Patienten eine Rate von 2,4% auf (► **Tab.1**) [21]. Pneumonien sind in maximal 4% zu erwarten [11], wobei wir aktuell nach >500 konsekutiven LVRS bei 1% sind.

## Ergebnisse

Lungenfunktionelle Resultate sind in ► **Tab.1** aufgelistet. Das FEV1 kann sich ein halbes Jahr nach LVRS um 50–70% verbessern. Der Effekt hält bis zu fünf Jahre an, fällt dann aber kontinuierlich wieder ab [10]. Die 6-Minuten-Gehstrecke kann sich um bis zu 60% verbessern. Die Lebensqualität und das Überleben können signifikant verbessert werden im Vergleich zur rein medikamentösen Therapie der COPD mit Emphysem. Am meisten profitieren Patienten mit Oberlappen-betontem Emphysem [3].

## LVRS vor Lungentransplantation

Die Durchsicht der aktuellen Literatur zeigt, dass Patienten, die lungentransplantiert werden, wegen einer vorgängigen LVRS keinen Überlebensnachteil aufweisen [22,23]. An unserem Zentrum wird die LVRS als „Bridge to Transplantation“ durchgeführt, da wir keinen Überlebensnachteil nachweisen konnten [21]. Aufgrund des Organmangels beträgt die Wartezeit eines

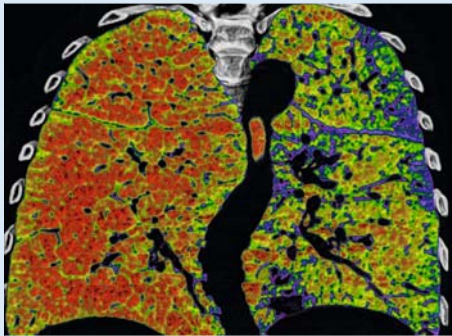


## FALLBEISPIEL 3

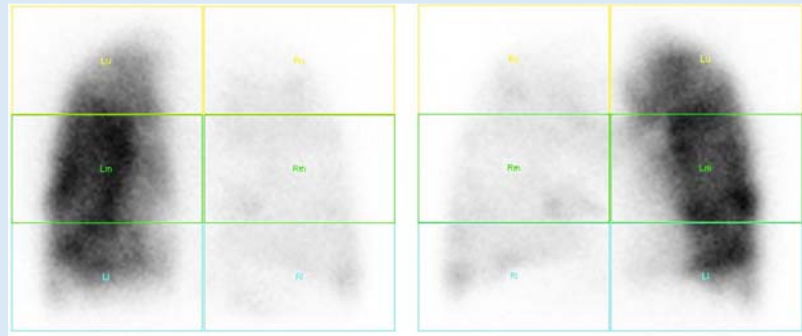
**Homogenes Emphysem bei heterozygotem Alpha-1-Antitrypsin-Mangel**

Eine 52-jährige Patientin mit einem heterozygoten Alpha-1-Antitrypsin-Mangel zeigte ein rechtsbetontes ausgeprägtes homogenes Lungenemphysem (► **Abb. 12**, ► **Abb. 13**). Klinisch war die Patientin durch die Überblähung deutlich gestört. Die Lungenfunktionswerte sind ► **Tab. 5** zu entnehmen.

Im Jahre 2010 wurde eine unilaterale LVRS rechts durchgeführt. Die Hospitalisation betrug sieben Tage und war komplikationslos. Drei Monate postoperativ waren die Werte verbessert und zeigten sich ein Jahr später konstant (► **Tab. 5**). Nach insgesamt zwei Jahren berichtete die Patientin weiterhin über ein gutes Wohlbefinden, das FEV1 lag bei 0,75 l (30 % Soll). Nach vier Jahren verschlechterte sich die Patientin, und die Überblähung nahm wieder deutlich zu. Mitte 2015 wurde sie für eine Lungentransplantation gelistet und fast ein Jahr später schließlich bilateral transplantiert. Seither erfreut sie sich einem sehr guten Allgemeinzustand. Während des Schreibens dieser Zeilen reist sie für drei Wochen nach Spanien in den Urlaub.



► **Abb. 12** Koronale CT-Densitometrie des rechtsbetonten Emphysems.



► **Abb. 13** Perfusionszintigrafie des rechtsbetonten Emphysems.

► **Tab. 5** Lungenfunktionswerte einer 52-jährigen Patientin mit homogenem Emphysem bei heterozygotem Alpha-1-Antitrypsin-Mangel.

Parameter	Messergebnis				
	bei Erstvorstellung	3 Monate postoperativ	nach 1 Jahr	nach 4 Jahren	nach Transplantation
FEV1	0,68 l (27 % Soll)	0,84 l (33 % Soll)	0,74 l (29 % Soll)	0,57 l (23 % S)	2,86 l (120 % Soll)
TLC	7,24 l (146 % Soll)	-	-	-	-
RV	4,68 l (263 % Soll)	-	-	-	-
RV/TLC	65 % Soll	57 % Soll	59 % Soll	75 % Soll	-
DLCO	41 % Soll	48 % Soll	42 % Soll	27 % Soll	77 % Soll

FEV1: forciertes expiratorisches Volumen in 1 Sekunde; TLC: totale Lungkapazität; RV: Residualvolumen; DLCO: CO-Diffusionskapazität.

COPD-Patienten an unserem Zentrum im Schnitt acht Monate. Mittels LVRS kann die Lebensqualität während dieser Zeit gesteigert werden, so dass manche Patienten gar nicht mehr transplantiert werden.

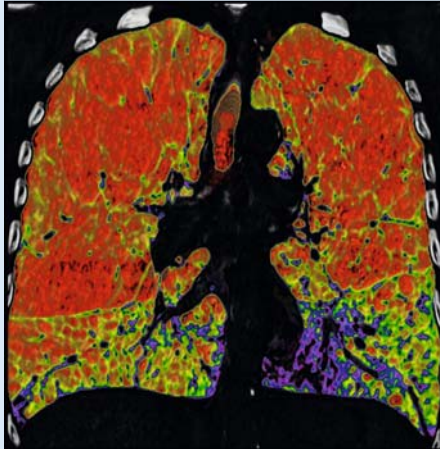
**Merke**  
Die LVRS als „Bridge to Transplantation“ ist eine wertvolle Option in Anbetracht der steigenden Transplantationsnachfrage und des herrschenden Organmangels.

#### FALLBEISPIEL 4

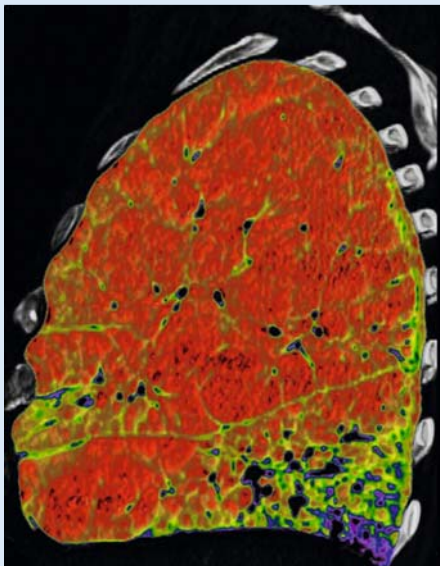
##### Re-LVRS

Der aus Fallbeispiel 1 bekannte, nun 72-jährige Patient hatte von der beidseitigen LVRS im Jahr 2013 sehr profitiert. Nun wurde er fast vier Jahre später im Herbst 2016 erneut zugewiesen. Die Lungenfunktion hatte sich wieder deutlich verschlechtert (► **Tab. 6**).

Der Patient war bis auf die wieder zugenommene Belastungsdyspnoe und eingeschränkte Gehstrecke in einem guten Zustand und zeigte weiterhin keine Nebenerkrankungen. Die bildmorphologische Diagnostik zeigte eine massiv zerstörte Lunge, vor allem in der Perfusionsszintigrafie rechts mehr als links (► **Abb. 14**, ► **Abb. 15**, ► **Abb. 16**), weshalb wir eine unilaterale Re-LVRS rechts indizierten.



► **Abb. 14** Koronale CT-Densitometrie mit ausgeprägtem heterogenem Emphysem.

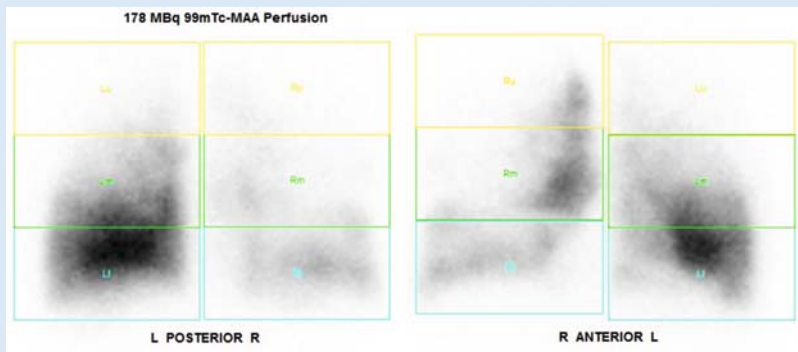


► **Abb. 15** Sagittale CT-Densitometrie der extrem überblähten rechten Seite.

► **Tab. 6** Lungenfunktionswerte eines 68-jährigen Patienten mit apikal betontem heterogenem Emphysem beidseits vor Re-LVRS.

Parameter	Messergebnis	
	bei Erstvorstellung	fast 4 Jahre nach LVRS
FEV1	1,17l (31% Soll)	0,79l (24% Soll)
TLC	10,14l (130% Soll)	12,41l (165% Soll)
RV	7,09l (263% Soll)	9,2l (334% Soll)
RV/TLC	70% Soll	74% Soll
DLCO	44% Soll	30% Soll

FEV1: forciertes expiratorisches Volumen in 1 Sekunde; TLC: totale Lungenkapazität; RV: Residualvolumen; DLCO: CO-Diffusionskapazität.

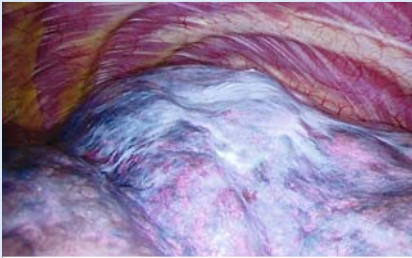


► **Abb. 16** Perfusionsszintigrafie mit heterogenem Emphysem, rechts ausgeprägter als links.

**FALLBEISPIEL 4 (FORTSETZUNG)****Re-LVRS**

Intraoperativ fanden sich glücklicherweise keine Verwachsungen, und es wurde am Oberlappen und am Mittellappen jeweils volumenreduziert (► **Abb. 17**, ► **Abb. 18**, ► **Abb. 19**).

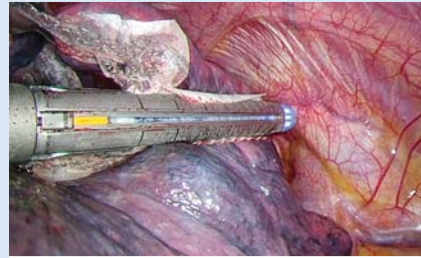
Postoperativ zeigte sich eine persistierende, derart hohe Luftfistelung, dass der Patient nach vier Tagen revidiert wurde. Es fand sich entfernt vom Operationsgebiet eine neu entstandene Parenchymfistel in der Fissur zwischen Mittel- und Unterlappen, welche mittels Klammernahtgerät versorgt wurde. Die letzte Thoraxdrainage wurde am 14. Tag nach der ersten Operation gezogen, der Patient trat am 15. Tag in die Rehabilitation über. Die Lungenfunktion nach drei Monaten zeigte ein FEV1 von 1,39l (40% S), während der Patient überglücklich von einer massiven Leistungssteigerung berichtete.



► **Abb. 17** Intraoperative Sicht auf die extrem anthrakotische Lunge.



► **Abb. 18** Modellieren des apialen Zielgebiets mittels Lungenfasszangen.



► **Abb. 19** Absetzen mittels verstärktem Klammernahtgerät.

**LVRS nach LVRS**

Obwohl bis jetzt nur von unserem Zentrum über die „Re-LVRS“ – also eine LVRS nach bereits stattgehabter LVRS – berichtet wurde, steht sie durchaus als erfolgreiche Option zur Verfügung, wie Fallbeispiel 4 zeigt [24]. Die funktionellen Resultate erreichen nicht ganz die Ergebnisse nach der ersten LVRS, dennoch lässt sich die Lebensqualität deutlich steigern. Die Patientenselektion muss streng erfolgen, die Re-LVRS sollte Patienten mit eindeutig heterogenem Emphysem, sehr starker Überblähung und ausreichender DLCO vorbehalten sein. Sicherheitshalber führen wir eine Re-LVRS nur unilateral durch.

**Bronchoskopische Lungenvolumenreduktion**

Seit einigen Jahren kann die Lungenvolumenreduktion auch bronchoskopisch mittels Einsetzen von endobronchialen Ventilen, Einbringen von Coils, Wasserdampf oder chemisch mit einem Polymer durchgeführt werden. Es würde den Fokus dieser Arbeit sprengen, im Detail auf die einzelnen Verfahren einzugehen. Vor kurzem ist eine lesenswerte Übersichtsarbeit zu diesem Thema publiziert worden [25].

Die bronchoskopische Lungenvolumenreduktion ist heutzutage eine nicht mehr wegzudenkende Alternative zur LVRS. Die Indikationen für eine bronchoskopische Lungenvolumenreduktion sind im Wesentlichen identisch zur LVRS. Es existieren bis dato keine Studien bezüglich der adäquaten Patientenselektion für das eine oder andere Verfahren. Schlussendlich ist die Präferenz des Patienten aber ein wichtiger Faktor. Endobronchiale Ventile sind bei Patienten, die z. B. aufgrund ihrer Komorbiditäten ein ungerechtfertigt erhöhtes perioperatives Risiko für eine LVRS darstellen, empfehlenswert, da sie das einzige voll reversible Verfahren zur Lungenvolumenreduktion sind.

## KERNAUSSAGEN

- Die chirurgische Lungenvolumenreduktion ermöglicht beim geeigneten Kandidaten mit schwerem Emphysem eine Verbesserung der Lungenfunktion, der Lebensqualität und des Überlebens.
- Die Patientenselektion für die LVRS orientiert sich sorgfältig an lungenfunktionellen Parametern, der Morphologie des Emphysems und Begleiterkrankungen.
- Die Indikationsstellung resp. Patientenselektion sowie die Auswahl des geeigneten Lungenvolumenreduktionsverfahren (v. a. auch unter Berücksichtigung der bronchoskopischen Lungenvolumenreduktion) müssen in einem interdisziplinären Umfeld, vorzugsweise in einer Emphysem-Konferenz, erfolgen.
- Grundsätzlich sind alle Emphysem-Morphologien der LVRS zugänglich, am meisten profitieren aber Patienten mit Oberlappen-betontem beidseitigem Emphysem.
- Ein starker Indikator für eine erfolgreiche LVRS ist die Überblähung des Patienten. Diese wird anhand der Anamnese, der Klinik und der bodyplethysmografischen RV-TLC-Ratio quantifiziert.
- Nach gut 20 Jahren chirurgischer Erfahrung auf diesem Gebiet und detaillierteren Kenntnissen hinsichtlich Patientenselektion erreicht die LVRS sehr geringe Letalitäts- und Morbiditätswerte. Die häufigste postoperative Komplikation ist die prolongierte Thoraxdrainagedauer.
- Der Effekt der LVRS dauert bis zu fünf Jahre an, danach kann in seltenen Fällen eine Re-LVRS erwogen werden.

## Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Über die Autoren



### Claudio Caviezel

Dr. med., geboren 1980 in Chur. 2001–2007 Medizinstudium an der Universität Bern. 2008–2012 Assistenzarzt und Oberarzt Allgemein Chirurgie in Thuisis und Biel. ATLS-Instruktor seit 2010. Seit 2012 thoraxchirurgische Schwerpunktweiterbildung in Zürich und Aarau. Seit 2015 Facharzt für Chirurgie. Seit 2015 Oberarzt in der Thoraxchirurgie am UniversitätsSpital Zürich.



### Daniel Franzen

Priv.-Doz. Dr. med., geboren 1974 in Köln. 1993–2000 Medizinstudium an der Universität Zürich. 2008 Facharzt für Innere Medizin, dann Facharztweiterbildung am Kantonsspital Winterthur und UniversitätsSpital Zürich, 2012 Facharzt für Intensivmedizin und Facharzt für Pneumologie. 2013–2014 Interventionelle Pneumologie Ruhlandklinik Essen. 2017 Habilitation, Venia legendi u. ärztl. Leitung der Interventionellen Pneumologie UniversitätsSpital Zürich.



### Walter Weder

Prof. Dr. med., Jahrgang 1954. Medizinstudium in Zürich und an der Stanford University. Chirurg. Ausbildung in Zürich und Research Fellowship zur Lungentransplantation an der Washington University. 1993 Habilitation, ab 1999 Leiter der Thoraxchirurgie am UniversitätsSpital Zürich, ab 2003 Direktor der Klinik für Thoraxchirurgie. Seit 2011 Direktor des Zentrums für Lungen- und Thoraxonkologie und medizin. Co-Direktor am UniversitätsSpital Zürich.

## Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Walter Weder  
Klinik für Thoraxchirurgie  
UniversitätsSpital Zürich  
Rämistrasse 100  
CH-8091 Zürich  
E-Mail: walter.weder@usz.ch

## Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen für diesen Beitrag ist Prof. Dr. med. Walter Weder, Klinik für Thoraxchirurgie, UniversitätsSpital Zürich.

## Literatur

- [1] Fishman A, Martinez F, Naunheim K et al. A randomized trial comparing lung-volume-reduction surgery with medical therapy for severe emphysema. *N Engl J Med* 2003; 348: 2059–2073
- [2] Naunheim KS, Wood DE, Mohsenifar Z et al. Long-term follow-up of patients receiving lung-volume-reduction surgery versus medical therapy for severe emphysema by the National Emphysema Treatment Trial Research Group. *Ann Thorac Surg* 2006; 82: 431–443
- [3] Criner GJ, Cordova F, Sternberg AL et al. The National Emphysema Treatment Trial (NETT) Part II: Lessons learned about lung volume reduction surgery. *Am J Respir Crit Care Med* 2011; 184: 881–893
- [4] National Emphysema Treatment Trial Research G, Fishman A, Fessler H et al. Patients at high risk of death after lung-volume-reduction surgery. *N Engl J Med* 2001; 345: 1075–1083
- [5] McNulty W, Jordan S, Hopkinson NS. Attitudes and access to lung volume reduction surgery for COPD: a survey by the British Thoracic Society. *BMJ Open Respir Res* 2014; 1: e000023
- [6] Weder W, Thurnheer R, Stammberger U et al. Radiologic emphysema morphology is associated with outcome after surgical lung volume reduction. *Ann Thorac Surg* 1997; 64: 313–319; discussion 319–320
- [7] Cassart M, Hamacher J, Verbandt Y et al. Effects of lung volume reduction surgery for emphysema on diaphragm dimensions and configuration. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 1171–1175
- [8] Sciruba FC, Rogers RM, Keenan RJ et al. Improvement in pulmonary function and elastic recoil after lung-reduction surgery for diffuse emphysema. *N Engl J Med* 1996; 334: 1095–1099
- [9] Wilson DO, Weissfeld JL, Balkan A et al. Association of radiographic emphysema and airflow obstruction with lung cancer. *Am J Respir Crit Care Med* 2008; 178: 738–744
- [10] Bloch KE, Georgescu CL, Russi EW et al. Gain and subsequent loss of lung function after lung volume reduction surgery in cases of severe emphysema with different morphologic patterns. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 123: 845–854
- [11] Ginsburg ME, Thomashow BM, Bulman WA et al. The safety, efficacy, and durability of lung-volume reduction surgery: A 10-year experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2016; 151: 717–724 e711
- [12] Decker MR, Levenson GE, Jaoude WA et al. Lung volume reduction surgery since the National Emphysema Treatment Trial: study of Society of Thoracic Surgeons Database. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014; 148: 2651–2658
- [13] Rathinam S, Oey I, Steiner M et al. The role of the emphysema multidisciplinary team in a successful lung volume reduction surgery programmedagger. *Eur J Cardiothorac Surg* 2014; 46: 1021–1026
- [14] Oey IF, Morgan MD, Spyt TJ et al. Staged bilateral lung volume reduction surgery – the benefits of a patient-led strategy. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010; 37: 846–852
- [15] Ciccone AM, Meyers BF, Guthrie TJ et al. Long-term outcome of bilateral lung volume reduction in 250 consecutive patients with emphysema. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 125: 513–525
- [16] Weder W, Tutic M, Lardinois D et al. Persistent benefit from lung volume reduction surgery in patients with homogeneous emphysema. *Ann Thorac Surg* 2009; 87: 229–236
- [17] Cassina PC, Teschler H, Konietzko N et al. Two-year results after lung volume reduction surgery in alpha1-antitrypsin deficiency versus smoker's emphysema. *Eur Respir J* 1998; 12: 1028–1032
- [18] Tutic M, Bloch KE, Lardinois D et al. Long-term results after lung volume reduction surgery in patients with alpha1-antitrypsin deficiency. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; 128: 408–413
- [19] Stolk J, Versteegh MI, Montenijs LJ et al. Densitometry for assessment of effect of lung volume reduction surgery for emphysema. *Eur Respir J* 2007; 29: 1138–1143
- [20] Bingisser R, Zollinger A, Hauser M et al. Bilateral volume reduction surgery for diffuse pulmonary emphysema by video-assisted thoracoscopy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 112: 875–882
- [21] Tutic M, Lardinois D, Imfeld S et al. Lung-volume reduction surgery as an alternative or bridging procedure to lung transplantation. *Ann Thorac Surg* 2006; 82: 208–213
- [22] Burns KE, Keenan RJ, Grgurich WF et al. Outcomes of lung volume reduction surgery followed by lung transplantation: a matched cohort study. *Ann Thorac Surg* 2002; 73: 1587–1593
- [23] Nathan SD, Edwards LB, Barnett SD et al. Outcomes of COPD lung transplant recipients after lung volume reduction surgery. *Chest* 2004; 126: 1569–1574
- [24] Kostron A, Horn-Tutic M, Franzen D et al. Repeated lung volume reduction surgery is successful in selected patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2015; 48: 710–715
- [25] Shah PL, Herth FJ, van Geffen WH et al. Lung volume reduction for emphysema. *Lancet Respir Med* 2017; 5: 147–156
- [26] Senbakkavaci O, Wissner W, Jandrasits O et al. [Results of lung-volume reduction surgery in end-stage lung emphysema]. *Chirurg* 1999; 70: 909–914
- [27] Brenner M, McKenna RJ Jr., Chen JC et al. Relationship between amount of lung resected and outcome after lung volume reduction surgery. *Ann Thorac Surg* 2000; 69: 388–393
- [28] Flaherty KR, Kazerooni EA, Curtis JL et al. Short-term and long-term outcomes after bilateral lung volume reduction surgery : prediction by quantitative CT. *Chest* 2001; 119: 1337–1346

## Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0043-103363>  
 Pneumologie 2018; 72: 64–78  
 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York  
 ISSN 0934-8387

## Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <http://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter <https://eref.thieme.de/ZZX8MLY> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zum Artikel zur Eingabe der Antworten.

VNR 2760512018154650527



### Frage 1

Für den sog. National Emphysema Treatment Trial (NETT) trifft folgendes zu:

- A Er war der erste von vielen Single-Center-Trials mit positiven Resultaten für die Lungenvolumenreduktionschirurgie (LVRS).
- B Trotz positiver Resultate bezüglich LVRS bei Patienten mit Emphysem setzte er sich nie ganz durch.
- C Patienten mit apikalem heterogenem Emphysem zeigten den größten Benefit nach LVRS.
- D Es wurden in mehreren Zentren je 100 Patienten für die LVRS oder die medizinische Behandlung des Lungemphysems randomisiert.
- E Der Trial wurde wegen der hohen perioperativen Mortalität in der LVRS-Gruppe abgebrochen.

### Frage 2

Welche Aussage zur perioperativen Mortalität (30 und 90 Tage) nach LVRS ist richtig?

- A Bei rigoroser Patientenselektion beträgt sie aktuell in den meisten Studien um die 16%.
- B Die 16%ige 30-Tages-Mortalität betraf im NETT nur Patienten mit heterogenem Emphysem.
- C Die insgesamt geringe 90-Tages-Mortalität von 5,2% im NETT-Trial wurde in darauffolgenden Studien nie mehr erreicht.
- D Die aktuellsten Daten zeigen eine 90-Tages-Mortalität von 1–5%.
- E Die Publikation „Patients at high risk of death after lung volume reduction surgery“ aus dem Jahre 2001 trug sicher nicht zu einem verzerrten Bild über die LVRS bei.

### Frage 3

Für den Mechanismus der Volumenreduktion trifft folgende Aussage zu:

- A Der primäre Effekt der LVRS fußt auf der Resektion von nicht mehr adäquat perfundierten Lungenarealen.
- B Das abgeflachte Zwerchfell gelangt nach der LVRS wieder mehr nach intrathorakal und erhält wegen der damit weniger verkürzten Muskelfasern mehr Kraft.
- C Als operatives Ziel wird primär das Residualvolumen dem Soll angepasst, worauf sich die Retraktion der Lunge reduziert.
- D Die überblähten Anteile der Lunge haben keinen Einfluss auf das Zwerchfell.
- E Das Zwerchfell hat beim lungengesunden Patienten einen relativ flachen Ansatz an den Rippen.

### Frage 4

Folgende Symptome und klinischen Merkmale weisen einen potenziellen LVRS-Kandidaten aus:

- A Faszthorax, Lippenbremse, vorzeitiges Völlegefühl, synkopale Ereignisse
- B Dauersauerstofftherapie, Belastungsdyspnoe, persistierender Nikotinabusus, klinische Überblähung
- C Dyspnoe beim Ankleiden, vorzeitiges Völlegefühl, Faszthorax, Dauersauerstofftherapie
- D Belastungsdyspnoe, Lungenoperation in der Anamnese, Faszthorax, rezidivierende Hämoptoe
- E Lippenbremse, Dauersauerstofftherapie, Kontrastmittelallergie, persistierender Nikotinabusus

### Frage 5

Neben einem apikal betonten heterogenen Emphysem weist ein idealer LVRS-Kandidat folgende beispielhafte lungenfunktionelle Merkmale auf:

- A FEV1 60%, TLC 98%, RV 100%, RV/TLC 35%, DLCO 28%
- B FEV1 18%, TLC 145%, RV 260%, RV/TLC 74%, DLCO 14%
- C FEV1 22%, TLC 102%, RV 180%, RV/TLC 52%, DLCO 20%
- D FEV1 30%, TLC 110%, RV 190%, RV/TLC 50%, DLCO 28%
- E FEV1 30%, TLC 145%, RV 260%, RV/TLC 74%, DLCO 28%

### Frage 6

Bezüglich der Morphologie des Emphysems trifft folgende Aussage zu:

- A Im NETT wurden nur heterogene Emphyseme berücksichtigt.
- B Grundsätzlich eignet sich jede Emphysem-Morphologie zur LVRS, solange der Patient eine deutliche Einbuße in der Diffusionskapazität aufweist.
- C Grundsätzlich eignet sich jede Emphysem-Morphologie zur LVRS, solange der Patient eine deutliche Überblähung aufweist.
- D Homogene Emphyseme sollten auf keinen Fall operiert werden.
- E Die Kombination von homogenem Emphysem mit einer DLCO < 20 % stellt keine relevante Kontraindikation zur LVRS dar.

### Frage 7

Präoperativ sind folgende Untersuchungen für die geeignete LVRS-Kandidatenauswahl nötig:

- A Computertomografie des Thorax, Lungen-Perfusionszintigrafie, Lungenfunktionstest
- B Spirometrie, Spiroergometrie, Bodyplethysmografie
- C Spiroergometrie, MRT Thorax, Belastungs-EKG
- D Computertomografie des Thorax, Echokardiografie, dynamische MRT des Thorax
- E Spirometrie, Bodyplethysmografie, MRT Thorax

### Frage 8

Folgende Aussage über postoperative Komplikationen nach LVRS ist korrekt:

- A Aufgrund der langen Liegedauer der Thoraxdrainagen entwickelt in etwa jeder zweite Patient ein Pleuraempyem.
- B Neu entdecktes Vorhofflimmern postoperativ ist der häufigste Grund für eine Re-Hospitalisation.
- C Die prolongierte Luftfistelung (Thoraxdrainage > 7 Tage) ist der wichtigste Morbiditätsfaktor.
- D Aufgrund der hohen Mortalität von 16 % sind die nichtletalen Komplikationen in der präoperativen Sprechstunde zu vernachlässigen.
- E Neben der prolongierten Fistelung (Thoraxdrainage > 7 Tage) in bis zu 50 % der Patienten ist die Pneumonie mit gut 30 % eine der häufigsten Komplikationen.

### Frage 9

Ein Patient mit deutlicher Überblähung und heterogenem, apikal betontem Emphysem beidseits kann in der präoperativen Sprechstunde unter anderem über Folgendes informiert werden:

- A hohe Wahrscheinlichkeit einer lungenfunktionellen Verbesserung nach LVRS, allerdings werden sich wahrscheinlich weder die Gehstrecke noch die Lebensqualität verbessern.
- B hohe Wahrscheinlichkeit einer lungenfunktionellen Verbesserung nach LVRS mit Risiko einer Läsion des N. phrenicus
- C hohe Wahrscheinlichkeit einer lungenfunktionellen Verbesserung nach LVRS, wobei die letzte Thoraxdrainage sicherlich spätestens am zweiten postoperativen Tag gezogen werden kann.
- D hohe Wahrscheinlichkeit einer lungenfunktionellen Verbesserung nach LVRS mit mindestens 30 %igem Risiko für eine prolongierte Fistelung (Thoraxdrainage > 7 Tage) postoperativ.
- E Hohe Wahrscheinlichkeit einer lungenfunktionellen Verbesserung nach LVRS, die in etwa gleich gut wie bei einem Kandidaten mit homogenem Emphysem zu erwarten wäre.

### Frage 10

Folgende Aussage über die Lungenvolumenreduktion (LVR) ist korrekt:

- A Endobronchiale Ventile und Coils sind die einzigen reversiblen bronchoskopischen Verfahren zur LVR.
- B Die LVRS bei einem potenziellen Transplantationskandidaten ist von Anfang an bei diesem Patiententypus kontraindiziert.
- C Weltweit wurde bis jetzt noch keine erfolgreiche Re-LVRS durchgeführt.
- D Patienten mit Alpha-1-Antitrypsin-Mangel kommen nie als LVRS-Kandidaten in Frage.
- E Alle potenziellen LVRS-Kandidaten sollten im Rahmen einer multidisziplinären Emphysem-Konferenz besprochen werden.