

Wissenschaftliche Leitung

T. Fuchs-Buder, Nancy
A.R. Heller, Augsburg
M. Rehm, München
M. Weigand, Heidelberg
A. Zarbock, Münster



CME

Zertifizierte Fortbildung

Aktueller Stand der Transplantationsmedizin im Bereich Herz- und Lungentransplantation

Gesetzliche Rahmenbedingungen und klinische Umsetzung

Heidi Niehaus · Axel Haverich · Fabio Ius

Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie, Medizinische Hochschule Hannover,
Hannover, Deutschland

Zusammenfassung

Die Transplantationsmedizin in Deutschland ist klar strukturiert und verbindlich geregelt. Zur Stärkung der Organspende wurden die rechtlichen Rahmenbedingungen in den letzten Jahren mehrfach angepasst. Dennoch bleibt die eingeschränkte Organverfügbarkeit die Hauptlimitation dieser Therapie, auch im Bereich der Herz- und Lungentransplantation. Beide Verfahren sind mittlerweile etablierte Therapieoptionen für selektierte Patienten mit terminalem Organversagen. Ziel ist die Verbesserung der Lebensqualität und des Überlebens. Der Erfolg der Therapie hängt maßgeblich von der Selektion geeigneter Empfänger sowie dem optimalen peri- und postoperativen Management ab, einschließlich einer lebenslangen spezialisierten Nachsorge. Die Komplexität der Therapie erfordert ein hohes Maß an speziellen Kenntnissen und Fertigkeiten. Der vorliegende Beitrag fasst den aktuellen Stand der Transplantationsmedizin thorakaler Organe mit dem Fokus auf den Inhalt der neuen Zusatzweiterbildung Transplantationsmedizin zusammen.

Schlüsselwörter

Organspende · Transplantationsgesetz · Immunsuppression · Transplantationsmedizin · Lebensqualität

Online teilnehmen unter:
www.springermedizin.de/cme

Für diese Fortbildungseinheit
werden 3 Punkte vergeben.

Kontakt

Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
(kostenfrei in Deutschland)
E-Mail:
kundenservice@springermedizin.de

Informationen

zur Teilnahme und Zertifizierung finden
Sie im CME-Fragebogen am Ende des
Beitrags.

Dieser Beitrag erschien ursprünglich in der *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie* (2022) 36:83–94. <https://doi.org/10.1007/s00398-022-00493-y>. Die Teilnahme an der zertifizierten Fortbildung ist nur einmal möglich.

Lernziele

Nach der Lektüre dieses Beitrags

- wissen Sie, welche rechtlichen Rahmenbedingungen der Organspende und Transplantation zugrunde liegen, und welche organisatorischen Strukturen an der Ausführung beteiligt sind.
- kennen Sie den aktuellen Stand der Herz- und Lungentransplantation in Deutschland, einschließlich der Organspende, im Hinblick auf Eingriffszahlen und Ergebnisse.
- sind Sie in der Lage, die wesentlichen Indikationen und Kontraindikationen in Bezug auf die Spender- und Empfänger-auswahl zu benennen.
- sind Sie mit den Grundlagen der Immunsuppression vertraut, einschließlich der wesentlichen Nebenwirkungen der Therapie.
- kennen Sie die häufigsten Komplikationen nach thorakaler Organtransplantation in Kurz- und Langzeitverlauf sowie die Grundlagen ihrer Behandlung.

Einleitung

Derzeit werden in Deutschland zwischen 600 und 700 Patienten mit terminalem Herz- oder Lungenversagen jährlich mit einem Spenderorgan versorgt. Als einzige kausale Therapie bei **terminalem Organversagen** stellt die Herz- und Lungentransplantation nach wie vor den Goldstandard dar [1]. Hauptlimitation ist die eingeschränkte **Organverfügbarkeit**. Auch wenn sich die Widerspruchsregelung in Deutschland nicht durchsetzen konnte, wurden in den letzten Jahren verschiedene gesetzliche Maßnahmen zur Stärkung der Organspende umgesetzt. Wesentliche Faktoren für den kurz- und langfristigen Erfolg der Transplantation sind die Selektion geeigneter Empfänger sowie das optimale peri- und postoperatives Management, einschließlich einer lebenslangen **spezialisierten Nachsorge**. Die Komplexität dieses Fachbereichs erfordert spezielle Kenntnisse, nicht nur im Bereich der medizinischen Therapie, sondern auch der organisatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Die vorliegende Übersicht fasst den aktuellen Stand der Transplantationsmedizin im Bereich Herz- und Lungentransplantation mit dem Fokus auf die Inhalte der neuen **Zusatzweiterbildung Transplantationsmedizin** zusammen.

Zahlen und Fakten

Während die Herztransplantation ihren Boom bereits Ende der 1980er-Jahre erlebte, hat sich die Lungentransplantation erst etwa 10 Jahre später langsam zu einer etablierten Therapieoption entwickelt. Bei einem gleichzeitigen zahlenmäßigen Rückgang der Herztransplantationen wurden 2011 im Eurotransplant(ET)-Bereich erstmals mehr Lungen als Herzen transplantiert, mit anhaltendem Trend (**Abb. 1**). Im Jahr 2020 wurden bundesweit 528 Patienten neu auf die Warteliste zur Herztransplantation aufgenommen, gegenüber 339 durchgeführten Transplantationen. Im Bereich der Lunge standen 417 Neuaufnahmen auf die Warteliste 361 durchgeführten Transplantationen gegenüber [2]. Damit zeigt sich im Bereich der Lunge ein gleichbleibend günstigeres Verhältnis zwischen Organangebot und Nachfrage im Vergleich zur Herztransplantation. In ihren jährlich aktualisierten Berichten stellen die Deutsche Stiftung Organtransplantation (DSO) und ET einen umfassenden Überblick

Current status of transplantation medicine in the field of heart and lung transplantation. Legal regulations and clinical implementation

Transplantation medicine in Germany is clearly structured and strictly regulated. In recent years, various legal changes have been implemented to improve organ donation. Nevertheless, the restricted availability of donor organs remains the main limitation of the treatment, also in the field of heart and lung transplantation. Both procedures have now become established treatment options for selected patients with end-stage organ failure. The aim is to improve the quality of life as well as survival. The success of the treatment largely depends on the selection of suitable recipients as well as optimal perioperative and postoperative management including a lifelong specialized follow-up. The complexity of the treatment requires a high degree of specialized knowledge and skills. This article summarizes the current state of transplantation medicine of thoracic organs with a focus on the new additional subspecialty of transplantation medicine.

Keywords

Organ donation · Transplantation law · Immunosuppression · Transplantation medicine · Quality of life

über den aktuellen Stand der Transplantationsmedizin zur Verfügung [2, 3].

Organisationsstruktur der Transplantationsmedizin in Deutschland

Die Transplantationsmedizin in Deutschland ist in 3 organisatorisch und personell voneinander getrennte Bereiche aufgeteilt: *die Organspende, die Organvermittlung und die Organtransplantation*. Jeder der 3 Bereiche ist in unterschiedlichen Institutionen angesiedelt [2].

Organspende

Der Ablauf einer Organspende ist ein komplexer Prozess, der die reibungslose und effiziente Zusammenarbeit verschiedener Akteure voraussetzt. Basierend auf der Identifizierung eines potenziellen Organspenders und nach Feststellung des **irreversiblen Hirnfunktionsausfalls** (IHA) erfolgt die Meldung an die DSO. Bei Zustimmung zur Organspende erfolgt die **Spenderevaluation**. Sind Organe zur Transplantation geeignet, wird der Spender an ET gemeldet. Nach Allokation der Organe schließen sich die Organentnahme und der Transport zu den Transplantationszentren an.

Deutsche Stiftung Organtransplantation

Seit 2000 ist die DSO **zentrale Koordinierungsstelle** für die Organspende. Ihre Aufgaben sind gemäß Transplantationsgesetz (TPG) in einem Vertrag mit der Bundesärztekammer (BÄK), dem Spitzenverband Bund der Krankenkassen (GKV-Spitzenverband) und der Deutschen Krankenhausgesellschaft (DKG) festgelegt. Die DSO ist in 7 **Organspenderegionen** unterteilt, mit Hauptsitz in Frankfurt. In den einzelnen Regionen werden alle Organspendeaktivitäten über die jeweiligen **Organisationszentralen** koordiniert. Dabei fungieren die Koordinatoren der DSO als zentrale Ansprechpartner

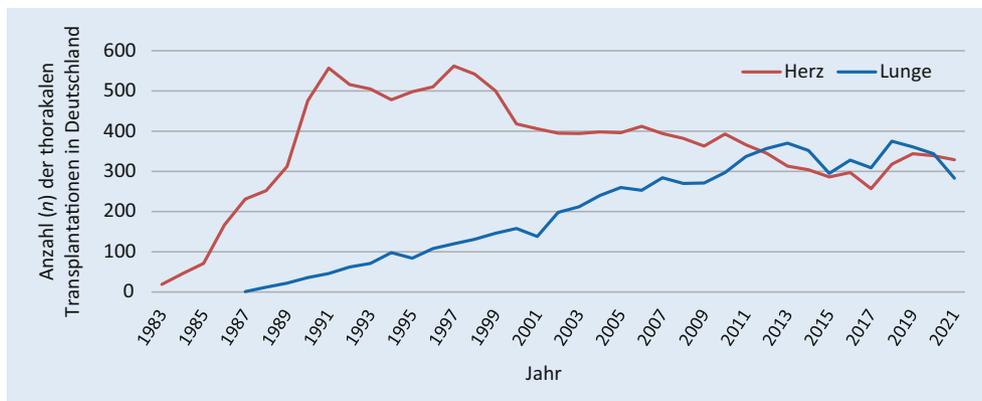


Abb. 1 ◀ Anzahl (n) der Herz- und Lungentransplantationen in Deutschland im Zeitraum 1983–2021. (Aus Deutsche Stiftung Organtransplantation [2])

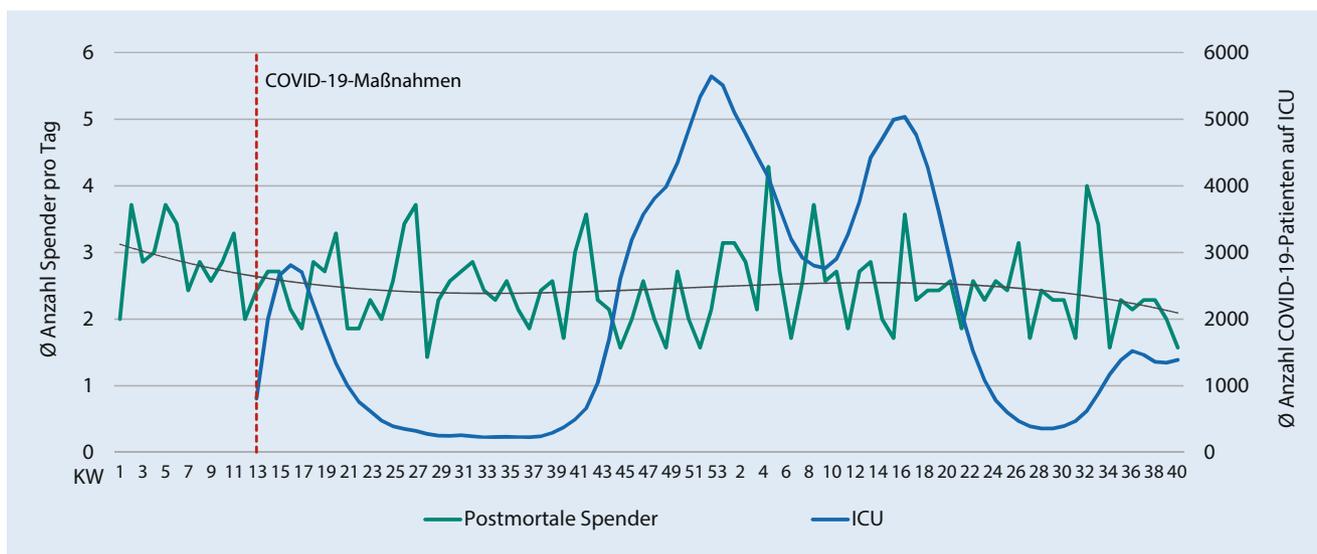


Abb. 2 ▲ Durchschnittliche Anzahl (n) der postmortalen Organspender und der an der „coronavirus disease 2019“ (COVID-19) erkrankten Patienten auf einer Intensivstation („intensive care unit“, ICU). (DSO Jahreskongress, Pressekonferenz, Dr. A. Rahmel; mit freundl. Genehmigung © Deutsche Stiftung Organtransplantation, DSO. Alle Rechte vorbehalten)

für alle beteiligten Akteure. Jede Region wird von einem **regionalen Fachbeirat** beraten [2].

Entnahmekrankenhäuser

Die DSO unterstützt die Krankenhäuser dabei, ihre gesetzlich festgelegte **Mitwirkungspflicht** bei der Organspende zu erfüllen. Derzeit werden insgesamt 1248 Krankenhäuser, die über eine Intensivstation mit Beatmungsplätzen verfügen, als Entnahmekrankenhäuser von den Koordinatoren der DSO betreut. Die Krankenhäuser werden in verschiedene **DSO-Kategorien** (A–C) eingeteilt, darunter 38 Universitätskliniken (A), 125 Krankenhäuser mit Neurochirurgie (B) und 1085 Krankenhäuser ohne Neurochirurgie (C). In diesen Krankenhäusern findet der wesentliche Anteil des Organspendeprozesses statt: angefangen bei der Identifikation potenzieller Organspender über die Kontaktaufnahme zur DSO, den IHA-Nachweis, die Angehörigengespräche bis hin zur Realisierung der Organspende durch die Organentnahme [2].

Transplantationsbeauftragte

Um eine wirksame Umsetzung der Gemeinschaftsaufgabe Organspende zu erreichen, sind die Entnahmekrankenhäuser seit 2012 dazu verpflichtet, transplantationsbeauftragte Ärzte und Pflegenden zu benennen und freizustellen. Die Freistellung erfolgt auf der Basis der Zahl vorhandener Intensivbetten. Zu den Aufgaben der Transplantationsbeauftragten (TxB) gehören u. a. **unterstützende Tätigkeiten** bei

- der Meldung potenzieller Organspender,
- der Angehörigenbetreuung,
- der Optimierung von Handlungsabläufen im Organspendeprozess sowie
- der Durchführung von Fortbildungen.

Zur **fachlichen Qualifizierung** der TxB werden von der DSO entsprechende Fortbildungskurse durchgeführt [2].

Organspende unter Pandemiebedingungen

Nachdem die Zahl der postmortalen Organspenden in Deutschland 2017 ihren Tiefstand erreicht hatte, war im Folgejahr erstmals ein

Trendwechsel hin zu einem Anstieg zu erkennen. Unter der derzeitigen durch die „coronavirus disease 2019“ (COVID-19) ausgelösten Pandemie konnte dieser positive Trend jedoch nicht fortgesetzt werden. Im Vergleich zu anderen europäischen Ländern, die einen durchschnittlichen Rückgang von 13 % zu verzeichnen hatten, blieben die Zahlen in Deutschland jedoch noch verhältnismäßig stabil (-2%; **Abb. 2**). Dies lässt sich u. a. auf die vergleichsweise hohen **intensivmedizinischen Kapazitäten** sowie auf die offenbar günstigeren politischen Rahmenbedingungen in Deutschland zurückführen [2].

Organvermittlung über Eurotransplant

Für die Vermittlung (Allokation) der Spenderorgane in Deutschland ist die gemeinnützige Stiftung ET zuständig. Wie bei der DSO sind ihre Aufgaben in einem Vertrag mit der BÄK, dem GKV-Spitzenverband und der DKG festgelegt. Der ET-Verband umfasst insgesamt 8 Länder: Belgien, Niederlande, Luxemburg, Österreich, Deutschland, Kroatien, Ungarn und Slowenien. Auf der gemeinsamen **Warteliste** sind derzeit über 14.000 Patienten registriert [3]. Die Vergabe der Spenderorgane richtet sich nach festgelegten Kriterien, die sich für die einzelnen Organe unterscheiden. Gemeinsame Grundlage der **Allokationskriterien** sind Dringlichkeit und Erfolgsaussicht der Transplantation. Die in Deutschland gültigen Richtlinien für die Organvermittlung werden von der BÄK festgelegt und regelmäßig aktualisiert [4].

Organtransplantation und Transplantationszentren

Organtransplantationen dürfen in Deutschland nur in hierfür zugelassenen Transplantationszentren durchgeführt werden. Die **Zulassung** und **Anerkennung** erfolgen durch die zuständigen Landesbehörden. Ziel dieser Steuerung ist die Sicherung einer bedarfsgerechten, leistungsfähigen und wirtschaftlichen Versorgung bei bestmöglicher Versorgungsqualität. Die 46 derzeit zugelassenen Transplantationszentren nehmen die Patienten nach entsprechender Evaluation und Konsentierung in der **interdisziplinären Transplantationskonferenz** auf ihre Warteliste auf und leiten die Daten entsprechend an ET weiter [2]. Es besteht eine **verpflichtende Qualitätssicherung**, die jährlich durch das Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) veröffentlicht wird [5, 6].

Rechtliche Rahmenbedingungen

Transplantationsgesetz

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Transplantationsmedizin sind in Deutschland seit 1997 im „Gesetz über die Spende, Entnahme und Übertragung von Organen und Geweben“ vorgegeben (Transplantationsgesetz, TPG, [7]).

Um dem kontinuierlichen Rückgang der Organspende in den letzten 10 Jahren entgegenzuwirken, wurden verschiedene gesetzliche Regelungen erlassen bzw. angepasst.

Im April 2019 ist eine Änderung des TPG zur „Verbesserung der Zusammenarbeit und der Strukturen bei der Organspende“ in Kraft

getreten: Dabei wurden verbindliche Rahmenbedingungen für die Arbeit der TxB geschaffen sowie eine leistungsgerechte und insgesamt verbesserte Vergütung der Entnahmekrankenhäuser eingeführt. Darüber hinaus soll eine **flächendeckende Berichtspflicht** für mehr Verbindlichkeit und Transparenz in der Erkennung möglicher Organspender sorgen [7].

In Ergänzung zu der genannten Gesetzesänderung wurde im Juni 2019 durch eine gemeinschaftliche Initiative aller wesentlichen Akteure im Bereich der Organspende, der „Gemeinschaftliche Initiativplan Organspende“ verabschiedet. Dieser enthält konkrete Empfehlungen für die praktische Umsetzung im klinischen Alltag mit Fokus auf die Entnahmekrankenhäuser, die Tätigkeit der TxB und die **Aufklärungsarbeit** [8].

Schließlich wurde am 16.01.2020 nach einer intensiven öffentlichen Diskussion im Bundestag über die Neuregelung der Organspende abgestimmt. Anders, als von Transplantationsmedizinern erhofft, konnte sich die Widerspruchsregelung nicht durchsetzen (ja 43 %; nein 56 %). Stattdessen wurde das „Gesetz zur Stärkung der Entscheidungsbereitschaft bei der Organspende“ beschlossen. Damit blieb es im Grundsatz bei der geltenden Regelung, der **„Entscheidungslösung“**. Diese ist eine Abwandlung der **„erweiterten Zustimmungslösung“**: Organe und Gewebe dürfen nach dem Tod nur entnommen werden, wenn die betreffende Person dem zu Lebzeiten zugestimmt hat, einen Organspendeausweis besitzt oder die Angehörigen der Entnahme zugestimmt haben. Zusätzlich werden die Bürger regelmäßig neutral über das Thema informiert. Das Gesetz sieht vor, dass die **Organspendebereitschaft** außerdem regelmäßig abgefragt wird. Weiterhin werden ein **bundesweites Onlineregister** eingerichtet, die Übermittlung von Informationsmaterial durch öffentliche Stellen verbessert sowie eine **hausärztliche Beratung** zum Thema Organspende angeboten. Das Gesetz tritt voraussichtlich 2022 in Kraft [7].

Der Gesetzestext des TPG sowie alle weiteren wesentlichen gesetzlichen Regelungen sind online auf der Organspende-Seite der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung verfügbar (BZgA, [7]).

Richtlinien der Bundesärztekammer

Die grundlegenden Aspekte der praktischen Umsetzung des TPG werden in den Richtlinien der BÄK geregelt. Diese werden regelmäßig aktualisiert und nach der Zustimmung durch das Bundesministerium für Gesundheit (BMG) umgesetzt. Derzeit liegen Richtlinien zu den folgenden Bereichen vor:

- Feststellung des Todes,
- Wartelistenführung und Organvermittlung,
- Spendererkennung,
- Empfängerschutz sowie
- Maßnahmen zur Qualitätssicherung.

Die Kenntnis, das Verständnis und die korrekte Umsetzung der aktuellen Richtlinien sind für den Transplantationsmediziner in der klinischen Praxis von essenzieller Bedeutung. Die Richtlinien zur Organtransplantation sind online über die Homepage der BÄK abrufbar [4].

Gesetzliche Kontrollen

Die Transplantationsmedizin in Deutschland unterliegt einer besonders strengen Kontrolle. Auf der Grundlage des TPG wird die Kontrollfunktion durch die *Prüfungs- und Überwachungskommission (PÜK)* sowie übergeordnet durch die *Ständige Kommission Organtransplantation (StäKO)* ausgeübt. Die **Prüfungskommission** überprüft die Transplantationszentren und die Vermittlungsstelle ET. Die **Überwachungskommission** überprüft die Transplantationszentren und Entnahmekrankenhäuser sowie die Koordinierungsstelle DSO. Beide Kommissionen melden mögliche Verstöße an die zuständigen Landesbehörden. Die **Prüfberichte** der PÜK sind öffentlich einsehbar und werden regelmäßig auf der Website der BÄK veröffentlicht. Die StäKO erarbeitet u.a. Empfehlungen zu Grundsätzen und Richtlinien für die Organspende und Organvermittlung entsprechend dem aktuellen Wissensstand. Die Kommissionen setzen sich aus BÄK, GKV, DKG sowie Landesbehörden zusammen; in der StäKO sind zusätzlich die Deutsche Transplantationsgesellschaft (DTG) und die DSO sowie Vertreter der Patienten, der Angehörigen von Organspendern und der Akademie für Ethik vertreten [2, 4].

Transplantationsmedizin im Bereich Herz- und Lungentransplantation

Im Folgenden werden die wesentlichen klinischen Aspekte der Herz- und Lungentransplantation zusammengefasst.

Herztransplantation

Derzeit leiden in Deutschland etwa 2,5 Mio. Menschen unter einer **chronischen Herzinsuffizienz**, mit steigender Tendenz. Mit fast 0,5 Mio. Krankenhausaufenthalten im Jahr ist die Herzinsuffizienz seit Jahren der häufigste Grund für einen stationären Aufenthalt im Krankenhaus. Die Herzinsuffizienz geht damit nicht nur mit einer deutlichen Beeinträchtigung der Lebensqualität der betroffenen Patienten einher, sondern auch mit einer erheblichen Mortalität. Als einzige kausale Therapie für geeignete Patienten mit terminaler Herzinsuffizienz ist die Herztransplantation (HTx) weiterhin der Goldstandard [1]. Hauptlimitation ist die eingeschränkte Organverfügbarkeit, sodass im letzten Jahr lediglich 329 Patienten mit einem passenden Spenderorgan versorgt werden konnten.

Empfängerselektion. Wie auch bei allen anderen Organtransplantationen, entscheidet eine sorgfältige Auswahl der Empfänger nicht nur maßgeblich über Erfolg oder Nichterfolg der Transplantation, sondern ist darüber hinaus im TPG verpflichtend vorgeschrieben.

Indikationen und Kontraindikationen. Die Entscheidung für eine Listung zur HTx wird für jeden Patienten individuell getroffen. Die Indikationsstellung basiert auf der **Symptomatik** und **Prognose** der Erkrankung sowie auf der **Erfolgsaussicht**. Grundsätzlich gilt, dass alle konservativen Therapiemaßnahmen, einschließlich der interventionellen und Device-Therapie, ausgeschöpft sein müssen, bevor eine Listung zur HTx erwogen werden kann. Zur Indikationsstellung und zum Ausschluss von Kontraindikationen sind

Tab. 1 Indikationen und Kontraindikationen zur HTx nach den Leitlinien der ESC. (Modifiziert nach Deutsche Gesellschaft für Kardiologie [9])

Indikationen	Endstadium der Herzinsuffizienz mit schweren Symptomen, schlechter Prognose und ohne alternative Therapieoptionen ^a
	Motivierte, gut informierte und emotional stabile Patienten
	Postoperative Compliance wahrscheinlich
Kontraindikationen	Aktive Infektion
	Schwere periphere arterielle und zerebrovaskuläre Erkrankung
	Medikamentös irreversible pulmonale Hypertonie
	Tumorerkrankung
	Irreversible Niereninsuffizienz (z. B. Kreatinin-Clearance <30 ml/min)
	Systemerkrankung mit Multiorganversagen
	Andere schwerwiegende Komorbiditäten mit schlechter Prognose
	BMI >35 kg/m ²
	Gegenwärtiger Alkohol- oder Drogenabusus
	Inadäquates soziales Umfeld für eine angemessene Nachsorge
<i>BMI</i> Body-Mass-Index, <i>ESC</i> Europäische Gesellschaft für Kardiologie, <i>HTx</i> Herztransplantation ^a Kriterien entsprechend den Leitlinien der ESC und International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT; [10, 11])	

verschiedene Untersuchungen vor einer Listung erforderlich (u.a. Rechtsherzkatheter, Echokardiographie, radiologische und sonographische Bildgebung, psychologische Evaluation). Indikationen und Kontraindikationen auf der Basis der Leitlinien der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC) sind in **Tab. 1** aufgeführt [9].

Grunderkrankungen. Die häufigsten Grunderkrankungen sind die nichtischämische (überwiegend dilatative) **Kardiomyopathie** (62%), die ischämische Kardiomyopathie (21 %) und **angeborene Vitien** (7 %) [12]. Der Anteil der Patienten mit ischämischer Kardiomyopathie ist in den letzten Jahren kontinuierlich rückläufig, am ehesten bedingt durch die verbesserte Primärversorgung des akuten Myokardinfarkts. Zwischen 6 und 16% der Transplantationen werden bei Kindern unter 16 Jahren durchgeführt [12].

Organallokation. Die gegenwärtige Organallokation im Bereich der HTx basiert auf der Dringlichkeit und Wartezeit. Der **Wartelistenstatus** wird gemäß „transplantabel“ (T), „nichttransplantabel“ (NT) und „hochdringlich“ („high urgency“, HU) unterschieden. Der **High-urgency-Status** muss bei ET beantragt werden und wird durch ein Audit-Komitee entschieden. In regelmäßigen Abständen erfolgen Reevaluationen. Bei den Kriterien für eine hohe Dringlichkeit wird zwischen Patienten mit und ohne **Herzunterstützungssystem** unterschieden. Mögliche Indikationen für einen HU-Status sind eine **katecholaminpflichtige Herzinsuffizienz** sowie schwerwiegende Komplikationen am Herzunterstützungssystem [4]. Der Anteil der HU-Patienten bei HTx beträgt derzeit über 80%. Im NT-Status liegen vorübergehende Kontraindikationen gegen

Tab. 2 Spenderkriterien für eine HTx nach den Empfehlungen des Europäischen Komitees für Organtransplantation. (Modifiziert nach European Directorate for the Quality of Medicines and HealthCare [14])	
Kriterien	Alter ≤70 Jahre
	Keine relevante kardiale Vorerkrankung ^a
	Keine hochdosierte Inotropikatherapie bei irreversibler kardialer Dysfunktion (z. B. nach akuter RV-Distension bei LAE)
Diagnostik	Keine grundsätzlichen Kontraindikationen sind <ul style="list-style-type: none"> – Höher dosierte Vasopressortherapie (z. B. bei peripherer Vasoplegie) – Z. n. Reanimation – Erhöhung der Herzenzyme (CK/CK-MB, Troponin)
	Laborbefunde, EKG, Echokardiographie
	Ggf. Koronarangiographie (bei Spenderalter >55 J bzw. >45 J bei mehr als einem Risikofaktor)
	CK Kreatinkinase, MB Myokardtyp, LAE Lungenarterienembolie, HTx Herztransplantation, RV rechtsventrikulär
^a Spenderorgane mit geringgradiger koronarer Eingefäßkrankung, geringgradigem Herzklappenvitium (Grad I), geringgradiger linksventrikulärer Hypertrophie (Interventrikularseptum [IVS] <16 mm), anamnestisch erfasste Arrhythmien, passagerer ventrikulärer Dysfunktion (z. B. Tako-Tsubo-Kardiomyopathie) können zur Transplantation erwogen werden	

eine Transplantation vor, z. B. eine akute Infektion. Das aktuelle Allokationssystem weist erhebliche Defizite auf, sodass bereits seit einigen Jahren ein alternatives System entwickelt wird, der „**Cardiac Allocation Score**“ (CAS), basierend auf dem Seattle Heart Failure Model [13] nach dem Vorbild des „Lung Allocation Score“ (LAS; s. unten). Die klinische Einführung steht jedoch weiterhin aus.

Spenderkriterien. Im ET-Bereich kommt es derzeit bei etwa 30 % der Organspender zu einer Herzspende (2020: 586 von 1837; [3]). Die aktuellen Empfehlungen zu den organspezifischen Spenderkriterien sind im *Guide to the quality and safety of organs for transplantation* zusammengefasst [14].

Als grundsätzliche (**organunabhängige**) **Kontraindikation** zur Organspende gelten Erkrankungen, die durch das Spenderorgan auf den Empfänger übertragen werden können, ohne dass eine kurative Therapie existiert, z. B. ein **metastasiertes Malignom** oder eine nicht kurativ behandelbare Infektion. Die organspezifischen Spenderkriterien für die HTx sind in **Tab. 2** zusammengefasst [14]. Die ausreichende Organqualität ist keine absolute Größe, sondern vom jeweiligen Empfänger abhängig. Sie basiert auf einer individuellen Abwägung der Kurz- und Langzeitprognose gegenüber der Sterblichkeit auf der Warteliste.

Organentnahme. Die Entnahme der thorakalen Organe erfolgt durch ein Entnahmeteam des Empfängerzentrums. Für die Funktion des Spenderherzens spielt das Management des Organspenders eine wichtige Rolle, insbesondere die Volumen- und Katecholamintherapie. Vor der abschließenden Beurteilung des Organs sollte das Spendermanagement daher möglichst optimiert werden. Die **Organkonservierung** basiert auf einer Perfusion mit kalter Kardiooplegielösung und einer anschließenden Lagerung in der Kühlbox. Hierzu wird das Herz mit kalter Konservierungslösung perfundiert und nach Entnahme auf Crushed Ice gelagert. Eine maximale

Ischämiezeit von 4–5 h sollte nicht überschritten werden, um die Transplantatfunktion nicht zu gefährden. Insbesondere für komplex voroperierte Empfänger, bei denen sich die Ischämiezeit nur schlecht kalkulieren lässt, steht ein Perfusion-Transport-System zur **kontinuierlichen Ex-vivo-Maschinenperfusion** zur Verfügung [15].

Operative Technik. Die HTx erfolgt unter Einsatz der **Herz-Lungen-Maschine** (HLM) über eine mediane Sternotomie. Der rechte und linke Vorhof sowie die A. pulmonalis und Aorta werden anastomosiert. Das Spenderherz kann entweder über eine **rechtsatriale Anastomose** (Lower und Shumway-Technik; [16]) oder über eine bikavale Anastomose (bikavale Technik) angeschlossen werden. Die **bikavale Anastomose** ist mit einer geringeren Inzidenz von Sinusknotendysfunktionen im Vergleich zur Shumway-Technik verbunden, darüber hinaus kommt es im Langzeitverlauf durch die erhaltene rechtsatriale Anatomie seltener zu relevanten Trikuspidalklappeninsuffizienzen. Derzeit sind über 40 % der Patienten zum Zeitpunkt der Transplantation am mechanischen Herzunterstützungssystem (VAD), insgesamt sind zwischen 50 und 60 % der Patienten mindestens einmal kardial voroperiert [5]. Dadurch erhöht sich die Komplexität des Eingriffs, mit entsprechend verlängerten Operations- und Ischämiezeiten.

Perioperative Therapie. Im frühpostoperativen intensivstationären Verlauf erfolgen kontinuierliche oder intermittierende Messungen des **Herzzeitvolumens** sowie des **pulmonalarteriellen Drucks** über einen Pulmonalkatheter. Insbesondere steht die **rechtsventrikuläre Funktion** im Fokus der Therapie. Eine angepasste Katecholamintherapie ist in dieser Phase ebenso entscheidend, wie eine adäquate (eher restriktive) Volumentherapie. Zusätzlich werden routinemäßig inhalatives Stickstoffmonoxid (NO) sowie Prostazyklinanaloga (Iloprost) zur Reduktion des **pulmonalarteriellen Widerstands** eingesetzt. Im weiteren stationären Verlauf erfolgen regelmäßige echokardiographische Kontrollen der Transplantatfunktion. Darüber hinaus werden in einigen Zentren regelmäßige Myokardbiopsien zur frühzeitigen Diagnostik von **Abstoßungsreaktionen** durchgeführt; diese werden nach der Klassifikation der „International Society for Heart and Lung Transplantation“ (ISHLT) eingeteilt in 0 (keine Abstoßung) bis 3R (schwere Abstoßung) [17].

Nachsorge. Wesentliche Aufgaben der Nachsorge sind die optimale patientenindividuelle Einstellung der **immunsuppressiven Therapie** sowie die Vermeidung, Erkennung und Behandlung von Kurz- und Langzeitkomplikationen nach HTx. Einen detaillierten Überblick über die derzeit geltenden Standards im Bereich der Nachsorge nach HTx sind in der entsprechenden Leitlinie der ISHLT zusammengefasst [18].

Immunsuppression. Ziel der immunsuppressiven Therapie ist der langfristige Erhalt der Transplantatfunktion bei möglichst geringem Nebenwirkungspotenzial. Die Immunsuppression nach HTx unterscheidet sich nicht wesentlich von den, bei anderen Organtransplantationen eingesetzten Kombinationstherapien.

Als **Initialtherapie** erfolgt eine **intraoperative Steroidbolusgabe** vor Beginn der Reperfusion. Im Anschluss wird in eini-

gen Zentren eine *Induktionstherapie* zur Vermeidung von früh-postoperativen Abstoßungen bzw. zur Verzögerung des Einsatzes nephrotoxischer Immunsuppressiva durchgeführt. Hierzu werden mono- oder polyklonale Antikörper, wie z.B. das **Antithymozytenglobulin** (ATG) oder **Interleukin-2-Rezeptor-Antagonisten**, verabreicht.

Die *Erhaltungstherapie* besteht aus einer Dreifachkombination vom einem **Kalzinurininhibitor** (CNI; Cyclosporin A, Tacrolimus), einem **Purinsyntheseinhibitor** (Mycophenolatmofetil, Azathioprin) sowie einer gering dosierten **Steroidtherapie** (Prednisolon). Weiterhin werden „**Mechanistic-target-of-rapamycin**“-**Inhibitoren** (mTOR-Inhibitoren; Sirolimus, Everolimus) im Langzeitverlauf in verschiedenen Kombinationen eingesetzt. Steroid- oder CNI-freie Regime sind grundsätzlich möglich.

In seltenen Fällen kommt es, auch unter konsequenter Immunsuppression, zu akuten, überwiegend zellulär vermittelten, Abstoßungsreaktionen. Die Therapie erfolgt in Abhängigkeit von histologischem Schweregrad und hämodynamischen Auswirkungen. Höhergradige Abstoßungen werden durch eine Steroidstoßtherapie über mehrere Tage behandelt sowie ggf. zusätzlich mit mono- oder polyklonalen Antikörpern. Bei humoralen Abstoßungen kommen B-Lymphozyten-spezifische monoklonale Antikörper (z.B. **Rituximab**) sowie die **Plasmapheresetherapie** zum Einsatz.

Komplikationen in Kurz- und Langzeitverlauf. Zu den gravierendsten früh-postoperativen Komplikationen gehört das **primäre Transplantatversagen** („primary graft dysfunction“, PGD). Die Ursachen sind multifaktoriell (protrahierter intraoperativer Verlauf, Blutungskomplikationen, verlängerte Ischämiezeit, erweiterte Spenderkriterien; [19]). Eine hyperakute Abstoßungsreaktion ist nur sehr selten Ursache des PGD. Je nach Schweregrad ist die Unterstützung durch eine extrakorporale Zirkulation (ECLS) erforderlich. Als weitere Komplikationen in der Frühphase nach HTx kommt es gehäuft zum **akuten Nierenversagen**, oft sekundär bei PGD sowie zu bakteriellen oder viralen **Infektionen** (v.a. Zytomegalievirus[CMV]-Infektion).

Im Langzeitverlauf sind die Patienten in erster Linie durch die Nebenwirkungen der Immunsuppressiva beeinträchtigt. Hierbei stehen v.a. die chronische Niereninsuffizienz sowie die erhöhte Inzidenz von **Tumorerkrankungen** im Vordergrund. Weiterhin bestimmt die chronische Abstoßung in Form der **Transplantatvaskulopathie** (TVP) die Langzeitprognose nach HTx. Zehn Jahre nach der Transplantation sind etwa 50 % der Patienten betroffen. Zur rechtzeitigen Diagnose und Therapie relevanter **Koronarstenosen** sind regelmäßige Koronarangiographien Bestandteil der Nachsorge.

Überleben und Lebensqualität. Das mediane Überleben nach einer HTx beträgt derzeit 12,5 Jahre mit einer kontinuierlichen Verbesserung über die letzten Jahre. Nach einem Jahr beträgt die mittlere Überlebensrate 86 %, nach 5 Jahren 75 % und nach 10 Jahren 58 % [20]. Die entsprechenden Daten für Deutschland finden sich in den aktuellen Tätigkeitsberichten der Transplantationszentren, veröffentlicht durch die DSO [12]. Die **Lebensqualität** nach HTx ist exzellent: Über 90 % der Patienten sind auch im Langzeitverlauf gar nicht oder nur gering eingeschränkt [20].

Lungentransplantation

Trotz erheblicher Fortschritte in der Behandlung chronischer Lungenerkrankungen in den letzten Jahren kommt es bei einigen Patienten, auch nach Ausschöpfung aller konservativen Therapiemaßnahmen, zu einer progredienten Verschlechterung der Symptomatik. Führendes Symptom ist die zunehmende Luftnot bis hin zur **Erstickungsangst**. In den letzten Jahren hat sich die Lungentransplantation (LTx) zu einer etablierten Therapie der **terminalen Lungeninsuffizienz** entwickelt, die in erster Linie der Verbesserung der Lebensqualität dient und zusätzlich, in Abhängigkeit von der Grunderkrankung, zu einem verbesserten Überleben führt. Wie oben bereits erwähnt, konnte sich die LTx erst vergleichsweise spät als anerkannte Therapieform etablieren. Die Ursache für die zunächst nur zögerliche Akzeptanz ist die vergleichsweise hohe Komplexität in Bezug auf das peri- und postoperative Management der Patienten: Unter anderem steht die Transplantatlunge im Unterschied zu anderen transplantierten Organen in permanentem Kontakt mit der Umgebungsluft und ist daher besonders infektionsgefährdet.

Empfängerselektion. Wie bei der Herztransplantation ist die Selektion geeigneter Empfänger entscheidend für den Erfolg der Therapie.

Indikationen und Kontraindikationen. Eine Indikation zur LTx besteht bei Patienten mit fortgeschrittener Lungenerkrankung, deren Lungenfunktion, körperliche Belastbarkeit sowie Lebensqualität nach Ausschöpfung aller konservativen Therapiemaßnahmen erheblich eingeschränkt sind und deren **prognostizierte Zweijahresüberlebensrate** unter 50 % beträgt. Weiterhin sollte eine ausreichende Erfolgsaussicht gegeben sein (>80 %ige Überlebenswahrscheinlichkeit 5 Jahre nach LTx). Darüber hinaus existieren **diagnosespezifische Indikationskriterien** in Abhängigkeit von der Grunderkrankung [21].

Grunderkrankungen. Die häufigsten Diagnosen bei Patienten zur LTx sind die **chronisch obstruktive Lungenerkrankung** (COPD; 32 %), die **idiopathische Lungenfibrose** (ILF; 24 %) und die **zystische Fibrose** (CF; 15 %). Seltenerer Grunderkrankungen sind die idiopathische pulmonalerterielle Hypertonie (PAH) und die Sarkoidose [22]. Rund 4 % der Transplantationen sind **Retransplantationen** bei progredientem Transplantatversagen. Zugrunde liegt eine chronische Abstoßung, die als Chronische Transplantatdysfunktion (CLAD) bezeichnet wird und überwiegend in Form des **Bronchiolitis-obliterans-Syndrom** (BOS) auftritt. Die Herz-Lungen-Transplantation (HLTx) kommt derzeit nur noch bei wenigen Patienten mit angeborenem Herzfehler und Eisenmangel-Syndrom zur Anwendung. Die Kontraindikationen für eine LTx sind vergleichbar mit denen einer HTx (s. oben).

Organallokation. Die Organallokation im Bereich der LTx erfolgt auf der Basis des **Lung Allocation Score** (LAS). Dieser errechnet sich aus verschiedenen Parametern, darunter Vitalkapazität, 6-min-Gehstrecke und Sauerstoffbedarf des Patienten. Er basiert auf der Abschätzung der Dringlichkeit und der Erfolgsaussicht. Höhere LAS-Werte sind mit einem größeren Überlebensvorteil durch die Transplantation verbunden und werden bei der Organvergabe be-

Tab. 3 Spenderkriterien für eine LTx nach den Empfehlungen des Europäischen Komitees für Organtransplantation. (Modifiziert nach European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare [14])	
Kriterien	Alter: ≤80 Jahre
	Keine relevante pulmonale Vorerkrankung ^a
	Keine akute Infektion
	Keine Aspiration
	Kein eitriges Sekret
	Kein relevantes Thoraxtrauma
	Keine thoraxchirurgischen Eingriffe in der Anamnese
	$p_aO_2 > 250$ mm Hg ($F_{iO_2} 1,0$; PEEP 5 cm H_2O)
	Thoraxröntgenuntersuchung (ggf. Thorax-CT) ohne pathologischen Befund
	Keine grundsätzliche Kontraindikation: Raucheranamnese
Diagnostik	Arterielle Blutgasanalyse
	Thoraxröntgenuntersuchung, ggf. Thorax-CT
	Bronchoskopie
CT Computertomographie, F_{iO_2} inspiratorische Sauerstofffraktion, LTx Lungentransplantation, p_aO_2 Sauerstoffpartialdruck, PEEP positiver endexpiratorischer Druck ^a Spenderorgane mit pulmonalen Vorerkrankungen ohne strukturelle Parenchymveränderungen, wie z. B. Asthma oder Mikroemphysem, können zur Transplantation erwogen werden	

vorzuzug berücksichtigt. Durch die Einführung des LAS in Deutschland 2011 konnten sowohl die Wartelistensterblichkeit (–26 %) als auch die Wartezeit (–58 %) signifikant reduziert werden [23].

Spenderkriterien. Bei etwa 35 % der Organspender im ET-Bereich kommt es derzeit zu einer Lungenspende (2020: 649 von 1837, [3]). Damit ist der Anteil etwas höher als bei der Herzspende. Neben den organübergreifenden Kontraindikationen für eine Organspende (metastasiertes Malignom, nicht kurativ behandelbare Infektion; s. oben) sind die derzeit gültigen organspezifischen Spenderkriterien für die LTx entsprechend den in Tab. 3 genannten Empfehlungen zusammengefasst [14]. Auch bei der LTx erfolgt die Entscheidung über die Organakzeptanz individuell in Abhängigkeit vom potenziellen Empfänger. Es konnte gezeigt werden, dass auch mit Organen mit sog. **erweiterten Spenderkriterien** gute Ergebnisse erzielt werden können [24].

Organentnahme. Wie auch beim Herzen spielt das Management des Spenders eine entscheidende Rolle für die Funktion der Spenderlunge, hierzu gehören insbesondere das Beatmungs- und Volumenmanagement, aber auch das **Sekretmanagement** sowie ggf. die Entlastung von Pleuraergüssen. Durch einfache Maßnahmen, wie **Rekrutierungsmanöver**, können die Lungenfunktionsparameter oft nochmals deutlich verbessert werden. Die abschließende Beurteilung der Organqualität sollte daher ebenfalls erst nach Optimierung des Spendermanagements erfolgen. Bestandteile der chirurgischen Evaluation sind die Durchführung einer **Bronchoskopie** vor der eigentlichen Organentnahme sowie eine aktuelle **Blutgasanalyse**. Ist das Spenderorgan geeignet, folgen die Perfusion mit kalter Konservierungslösung bei gleichzeitiger optionaler Oberflächenkühlung sowie die anschließende Entnahme der Lunge en bloc. Der Transport wird routinemäßig auf

Crushed Ice durchgeführt. Auch bei der Lunge ist der Einsatz eines Perfusion-Transport-Systems möglich.

Operative Technik. Die LTx wird entweder als (sequenzielle) **Doppellungentransplantation** (DLTx) oder als Einzellungentransplantation (SLTx) durchgeführt. Auf die HLTx wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen. Die DLTx ist das mit Abstand bevorzugte Verfahren mit weltweit über 3600 Eingriffen/Jahr [25]. Der chirurgische Zugang kann entweder über eine „**Clamshell**“-**Inzision** (quere transsternale Thorakotomie) oder über eine **bilaterale Thorakotomie**, ggf. als anterolaterale Minithorakotomie, erfolgen. Der Einsatz der HLM ist optional; alternativ kann eine **venoarterielle extrakorporale Membranoxygenierung** (ECMO) angewendet werden. Anastomosiert werden nacheinander der Hauptbronchus, die Pulmonalarterie sowie der linke Vorhof. Bei bestehendem Größen-Mismatch zwischen Spenderlunge und Empfängersitus kann eine **atypische Resektion** erfolgen [26]. Eine SLTx wird heutzutage nur noch selten durchgeführt (18 % der LTx, [25]). Gründe sind die signifikant schlechteren Ergebnisse in Kurz- und Langzeitverlauf im Vergleich zur DLTx. Hauptindikation ist die Lungenfibrose.

Perioperative Therapie. Bei stabiler Hämodynamik, ausreichendem Gasaustausch und Bluttrockenheit wird eine möglichst frühzeitige Extubation angestrebt. Ein eher **restriktives Volumenmanagement** sowie eine **frühzeitige Mobilisation** der Patienten stehen im Fokus der früh-postoperativen Therapie. Im weiteren Verlauf erfolgen regelmäßige radiologische und bronchoskopische Kontrollen der Transplantatlunge sowie regelmäßige **Lungenfunktionsuntersuchungen**.

Nachsorge. Neben der sorgfältigen Einstellung der Immunsuppression stellen die **Infektionsprophylaxe** sowie regelmäßige Kontrollen der Lungenfunktion (mithilfe der **Heimspirometrie**) wesentliche Bestandteile der Nachsorge dar [27].

Immunsuppression. Die Immunsuppression nach einer LTx unterscheidet sich nicht wesentlich von der oben beschriebenen Therapie nach HTx.

Komplikationen in Kurz- und Langzeitverlauf. Mit einer Inzidenz von 10–20 % gehört die PGD zu den bedeutsamsten Komplikationen in der Frühphase nach LTx [28]. Klinisch manifestiert sich die PGD durch einen eingeschränkten Gasaustausch sowie diffuse Verschattungen im Thoraxröntgenbild als Zeichen eines **Kapillarlecks**. In ausgeprägten Fällen ist eine ECMO-Therapie erforderlich. Als ursächlich wird ein **Ischämie-Reperfusion-Schaden** angenommen. Hiervon abzugrenzen sind akute Abstoßungsreaktionen, die nach LTx ebenfalls vergleichsweise häufig auftreten und etwa ein Drittel der Patienten im ersten Jahr nach der Transplantation betreffen. Symptome sind oft unspezifisch: eine Verschlechterung der Lungenfunktion, begleitet von Abgeschlagenheit, subfebrilen Temperaturen und Dyspnoe. Die Therapie besteht aus einer Steroidstoßtherapie.

Weiterhin kommt es nach LTx vergleichsweise häufig zu Infektionen. Neben bakteriellen und viralen (v. a. CMV-)Infektionen sind insbesondere **fungale Infektionen** (v. a. mit *Aspergillus*) mit einer schlechten Prognose assoziiert. Ursächlich spielen neben der permanenten Exposition gegenüber der Umgebungsluft insbeson-

dere der fehlende Hustenreflex, die beeinträchtigte **mukoziliäre Clearance** sowie eine erhöhte Aspirationsgefahr durch **gastrointestinale Transportstörungen** (Schädigung des N. vagus) eine Rolle. Der Infektionsprophylaxe und -therapie kommt daher nach einer LTx eine besondere Bedeutung zu.

Die „Achillesferse“ der LTx ist nach wie vor die **Bronchialanastomose**, die die Hauptlokalisation postoperativer Atemwegskomplikationen darstellt. Basierend auf einer Ischämie der Bronchialschleimhaut, kann es in diesem Bereich zu **Nekrosen** mit nachfolgenden Dehiszenzen und Stenosierungen kommen. Therapeutisch kommen Laserbehandlungen, Argon-Plasma-Koagulationen sowie Ballondilatationen und Stent-Implantationen zum Einsatz. Ebenso, wie nach HTx, bestimmt die chronische Abstoßung die Langzeitprognose nach LTx. Betroffen ist etwa jeder zweite Patient. Klinisch äußert sich das BOS in einer Verschlechterung der Lungenfunktionsparameter in Form einer **obstruktiven Ventilationsstörung**, verbunden mit einer zunehmenden Einschränkung der Belastbarkeit und Lebensqualität. Langfristig wirksame therapeutische Ansätze sind bisher nicht verfügbar [29].

Überleben und Lebensqualität. Das Überleben nach einer LTx hat sich in den letzten Jahren kontinuierlich verbessert und beträgt 85 % nach einem Jahr und 59 % nach 5 Jahren. Das mediane Überleben beträgt derzeit 6,7 Jahre [25]. Insbesondere im ersten Jahr nach einer LTx kommt es zu einer deutlichen Verbesserung der Lebensqualität [30]. Auch 3 Jahre nach einer LTx bestehen bei über 70 % der Patienten keine oder nur geringe Einschränkungen im Alltag [25].

Weiterführende spezielle Aspekte

Auf verschiedene Aspekte der thorakalen Organtransplantation kann aus Umfangsgründen an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden: darunter die pädiatrische Transplantation, die blutgruppeninkompatible Transplantation, die Transplantation bei donorspezifischen „Human-leucocyte-antigen“(HLA)-Antikörpern sowie kombinierte Organtransplantationen.

Fazit für die Praxis

- Die Transplantationsmedizin in Deutschland ist in die Bereiche Organspende, Organvermittlung und Organtransplantation aufgeteilt, die organisatorisch und personell voneinander getrennt sind.
- Die rechtlichen Rahmenbedingungen sind im Transplantationsgesetz vorgegeben. Die Richtlinien der Bundesärztekammer regeln die praktische Umsetzung, die strengen Kontrollen unterliegt.
- Mit dem Ziel, die Organspende zu stärken, wurden in den letzten Jahren verschiedene Gesetzesänderungen verabschiedet.
- Die Herz- und Lungentransplantation sind etablierte Therapieverfahren für selektierte Patienten mit terminalem Organversagen, verbunden mit guten Langzeitergebnissen im Hinblick auf Überleben und Lebensqualität.
- Die häufigsten Komplikationen im frühpostoperativen Verlauf sind das primäre Transplantatversagen sowie Abstoßungsreaktionen und Infektionen.

- Die Langzeitprognose nach Herz- und Lungentransplantation wird im Wesentlichen durch die chronische Abstoßung in Form der Transplantatvaskulopathie bzw. des Bronchiolitis-obliterans-Syndroms bestimmt.

Korrespondenzadresse

Heidi Niehaus

Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie, Medizinische Hochschule Hannover
Carl-Neuberg-Str. 1, 30625 Hannover, Deutschland
niehaus.adelheid@mh-hannover.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Gemäß den Richtlinien des Springer Medizin Verlags werden Autoren und Wissenschaftliche Leitung im Rahmen der Manuskripterstellung und Manuskriptfreigabe aufgefordert, eine vollständige Erklärung zu ihren finanziellen und nichtfinanziellen Interessen abzugeben.

Autoren. **H. Niehaus:** A. Finanzielle Interessen: Patente, Geschäftsanteile, Aktien o. Ä. an einer im Medizinbereich aktiven Firma: Patent Fa. Biotronik EP0927561. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Koordinatorin, Deutsche Stiftung Organtransplantation (DSO), Region Nord, Hannover, Oberärztin, Klinik für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie, Universitätsmedizin Göttingen, Göttingen, Oberärztin, Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie, Medizinische Hochschule Hannover, Hannover, Mitglied Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin, Mitglied Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie. **A. Haverich:** A. Finanzielle Interessen: A. Haverich gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Direktor der Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie der Medizinischen Hochschule Hannover. **F. Ius:** A. Finanzielle Interessen: Berater von der Fa. Biotest. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Oberarzt, HTTG, MHH, Hannover.

Wissenschaftliche Leitung. Die vollständige Erklärung zum Interessenkonflikt der Wissenschaftlichen Leitung finden Sie am Kurs der zertifizierten Fortbildung auf www.springermedizin.de/cme.

Der Verlag erklärt, dass für die Publikation dieser CME-Fortbildung keine Sponsorengelder an den Verlag fließen.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

1. Deutsche Herzstiftung (2021) Deutscher Herzbericht 2020. <https://www.herzstiftung.de/system/files/2021-06/Deutscher-Herzbericht-2020.pdf>. Zugegriffen: 15. Jan. 2022
2. Deutsche Stiftung Organtransplantation (DSO) (2021) Jahresbericht. Organspende und Transplantation in Deutschland. <https://dso.de/SiteCollectionDocuments/DSO-Jahresbericht%202020.pdf>. Zugegriffen: 15. Jan. 2022
3. Eurotransplant International Foundation (ET) (2021) Annual Report 2020. https://www.eurotransplant.org/wp-content/uploads/2021/09/ETP_AR2020_opmaak_LR2.pdf. Zugegriffen: 15. Jan. 2022
4. Bundesärztekammer (2021) Richtlinien zur Transplantationsmedizin. <https://www.bundesaeztekammer.de/richtlinien/richtlinien/transplantationsmedizin/>. Zugegriffen: 15. Jan. 2022
5. Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) (2021) Bundesauswertung zum Erfassungsjahr 2019 Herztransplantation Qualitätsindikatoren und Kennzahlen. https://iqtig.org/downloads/auswertung/2019/htxmtx/QSKH_HTXM-TX_2019_BUAW_V02_2020-07-14.pdf. Zugegriffen: 15. Jan. 2022

6. Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) (2021) Bundesauswertung zum Erfassungsjahr 2019 Lungen- und Herz-Lungen-Transplantation Qualitätsindikatoren und Kennzahlen. https://iqtig.org/downloads/auswertung/2019/lutx/QSKH_LUTX_2019_BUAW_V02_2020-07-14.pdf. Zugegriffen: 15. Jan. 2022
7. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) (2021) Gesetze und Richtlinien regeln die Organ- und Gewebespende. <https://www.organspende-info.de/gesetzliche-grundlagen/gesetze-und-richtlinien.html>. Zugegriffen: 15. Jan. 2022
8. Bundesministerium für Gesundheit (2019) Gemeinschaftlicher Initiativplan Organspende. https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/O/Organspende/Initiativplan_Organspende.pdf. Zugegriffen: 15. Jan. 2022
9. Deutsche Gesellschaft für Kardiologie (DGK) (2021) Pocket-Leitlinie: Herzinsuffizienz (Version 2016). https://leitlinien.dgk.org/files/24_2016_pocket_leitlinien_herzinsuffizienz.pdf. Zugegriffen: 15. Jan. 2022
10. McDonagh TA, Metra M, Adamo M et al (2022) 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: developed by the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). With the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail* 24:4–131
11. Mehra MR, Canter CE, Hannan MM et al (2016) The 2016 international society for heart lung transplantation listing criteria for heart transplantation: a 10-year update. *J Heart Lung Transplant* 35:1–23
12. Deutsche Stiftung Organtransplantation (2021) Herztransplantation 2020. Grafiken zum Tätigkeitsbericht. <https://dso.de/BerichteTransplantationszentren/Grafiken%20D%202020%20Herz.pdf>. Zugegriffen: 15. Jan. 2022
13. Levy WC, Mozaffarian D, Linker DT et al (2006) The Seattle Heart Failure Model: prediction of survival in heart failure. *Circulation* 113:1424–1433
14. European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare (EDQM) (2021) Guide to the quality and safety of organs for transplantation. <https://www.edqm.eu/en/organs-tissues-and-cells-technical-guides>. Zugegriffen: 15. Jan. 2022
15. Rojas SV, Ius F, Schibilsky D et al (2019) Cardiac transplantation in higher risk patients: Is ex vivo heart perfusion a safe preservation technique? A two center experience. *J Heart Lung Transplant* 38(Suppl):S43
16. Lower RR, Stofen RR, Shumway NE (1961) Homovital transplantation of the heart. *J Thorac Cardiovasc Surg* 41:196
17. Stewart S, Winters GL, Fishbein MC et al (2005) Revision of the 1990 working formulation for the standardization of nomenclature in the diagnosis of heart rejection. *J Heart Lung Transplant* 24:1710–1720
18. Costanzo MR, Dipchand A, Starling R et al (2010) Guidelines for the care of heart transplant recipients. *J Heart Lung Transplant* 29:914–956
19. Kobashigawa J, Zuckermann A, Macdonald P et al (2014) Report from a consensus conference on primary graft dysfunction after cardiac transplantation. *J Heart Lung Transplant* 33:327–340
20. International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT) (2021) Adult heart transplantation statistics. International Thoracic Organ Transplant (TTX) Registry Data Slides. <https://ishltregistries.org/registries/slides.asp?yearToDisplay=2019>. Zugegriffen: 15. Jan. 2022
21. Leard LE, Holm AM, Valapour M et al (2021) Consensus document for the selection of lung transplant candidates: an update from the International Society for Heart and Lung Transplantation. *J Heart Lung Transplant* 40:1349–1379
22. Deutsche Stiftung Organtransplantation (2021) Lungentransplantation 2020. Grafiken zum Tätigkeitsbericht. <https://dso.de/BerichteTransplantationszentren/Grafiken%20D%202020%20Lunge.pdf>. Zugegriffen: 15. Jan. 2022
23. Gottlieb J, Smits J, Schramm R et al (2017) Lung transplantation in Germany since the introduction of the lung allocation score. *Dtsch Arztebl Int* 114:179–185
24. Sommer W, Kühn C, Tudorache I et al (2013) Extended criteria donor lungs and clinical outcome: results of an alternative allocation algorithm. *J Heart Lung Transplant* 32:1065–1072
25. International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT) (2021) Adult lung transplantation statistics. International Thoracic Organ Transplant (TTX) Registry Data Slides. <https://ishltregistries.org/registries/slides.asp?yearToDisplay=2019>. Zugegriffen: 15. Jan. 2022
26. Warnecke G (2013) Operative Technik der Lungentransplantation. *Z Herz-thoraxgefäßchir* 27:26–30
27. Dierich M, Fuehner T, Welte T et al (2009) Lungentransplantation. Indikationen, Langzeitergebnisse und die besondere Bedeutung der Nachsorge [Lung transplantation. Indications, long-term results and special impact of follow-up care. *Internist* 50:561–571
28. Christie JD, Kotloff RM, Ahya VN et al (2005) The effect of primary graft dysfunction on survival after lung transplantation. *Am J Respir Crit Care Med* 171(11):1312–1316
29. Fegbeutel C, Gottlieb J, Warnecke G et al (2014) Lungentransplantation. *Pneumologie* 11:539–550
30. Kugler C, Tegtbur U, Gottlieb J et al (2010) Health-related quality of life in long-term survivors after heart and lung transplantation: a comparative cohort study. *Transplantation* 90:451–457



Aktueller Stand der Transplantationsmedizin im Bereich Herz- und Lungentransplantation

Zu den Kursen dieser Zeitschrift: Scannen Sie den QR-Code oder gehen Sie auf www.springermedizin.de/kurse-der-anaesthesist

? Welche Aussage trifft in Bezug auf den Vergleich zwischen Herz- und Lungentransplantation in Deutschland zu?

- Die Lungentransplantation ist im Vergleich zur Herztransplantation weniger komplex und konnte sich daher bereits etwa 10 Jahre früher etablieren.
- Derzeit werden jährlich etwa doppelt so viele Herztransplantationen wie Lungentransplantationen durchgeführt.
- Im Bereich der Lungentransplantation besteht ein günstigeres Verhältnis zwischen Organangebot und Nachfrage.
- Die Lungentransplantation hat ihren „Boom“ Ende der 1990er-Jahre erlebt.
- Die Anzahl der Herztransplantationen ist in den letzten 10 Jahren kontinuierlich gesunken.

? In welche 3 Bereiche ist die Transplantationsmedizin in Deutschland aufgeteilt?

- Koordinierungsstelle, Entnahmekrankenhäuser, Transplantationszentren
- Organspende, Organentnahme, Organallokation
- Organspende, Organvermittlung und Organtransplantation
- Bundesärztekammer, Prüfungs- und Überwachungskommission, Ständige Kommission Organtransplantation
- Spenderevaluation, Spendermeldung, Organallokation

? Sie sind als Ärztin/Arzt in einem Entnahmekrankenhaus tätig. Ihr Vorgesetzter fragt Sie, ob Sie die Funktion des Transplantationsbeauftragten (TxB) übernehmen möchten. Welche Aussage zum TxB ist zutreffend?

- Die Funktion des TxB ist eine ehrenamtliche Tätigkeit, die außerhalb der regulären Arbeitszeit ausgeübt wird.
- Zum Aufgabenbereich des TxB gehört auch die Angehörigenbetreuung.
- Die Funktion des TxB können bundesweit nur ärztliche Mitarbeiter ausüben.
- Die Anzahl der TxB richtet sich nach der Größe des Krankenhauses.
- Zu den Aufgaben des TxB gehört auch die Durchführung der Organentnahme.

? Welche gesetzliche Regelung gilt in Deutschland in Bezug auf die Organspende?

- Zustimmungslösung
- Widerspruchslösung
- Entscheidungslösung
- Erweiterte Entscheidungslösung
- Erweiterte Zustimmungslösung

? Die Richtlinien der Bundesärztekammer regeln die praktische Umsetzung des Transplantationsgesetzes. Zu welchem Bereich liegt derzeit keine Richtlinie vor?

- Feststellung des Todes
- Wartelistenführung und Organvermittlung
- Spendererkennung

- Durchführung der Organentnahme
- Maßnahmen zur Qualitätssicherung

? Ein 54-jähriger Patient mit dilatativer Kardiomyopathie stellt sich bei Ihnen in der Herzinsuffizienzprechstunde vor. Im Jahr zuvor wurde der Patient bereits 2-malig bei kardialer Dekompensation stationär therapiert und medikamentös rekompensiert. Aktuell berichtet er über eine progrediente Belastungsdyspnoe sowie eine Gewichtszunahme von 10 kg in der letzten Woche. Welches Vorgehen ist am ehesten indiziert?

- Sie planen eine Listung zur Herztransplantation und nehmen den Patienten zur Durchführung der erforderlichen Voruntersuchungen zeitnah stationär auf.
- Sie nehmen den Patienten unmittelbar stationär auf und führen eine Listung zur Herztransplantation durch. Aufgrund der zunehmenden Herzinsuffizienzsymptomatik verzichten Sie auf weitere Voruntersuchungen.
- Aufgrund der erheblichen Gewichtszunahme innerhalb kurzer Zeit ist von einer eingeschränkten Compliance auszugehen. Sie lehnen den Patienten daher zur Herztransplantation ab.

Informationen zur zertifizierten Fortbildung

Diese Fortbildung wurde von der Ärztekammer Nordrhein für das „Fortbildungszertifikat der Ärztekammer“ gemäß § 5 ihrer Fortbildungsordnung mit **3 Punkten** (Kategorie D) anerkannt und ist damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Anerkennung in Österreich und der Schweiz: Für das Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) werden die von

deutschen Landesärztekammern anerkannten Fortbildungspunkte aufgrund der Gleichwertigkeit im gleichen Umfang als DFP-Punkte anerkannt (§ 14, Abschnitt 1, Verordnung über ärztliche Fortbildung, Österreichische Ärztekammer (ÖÄK) 2013). Die Schweizerische Gesellschaft für Anästhesiologie und Reanimation vergibt 1 Credit für die zertifizierte Fortbildung in „Der Anaesthesist“.

Hinweise zur Teilnahme:

- Die Teilnahme an dem zertifizierten Kurs ist nur online auf www.springermedizin.de/cme möglich.
- Der Teilnahmezeitraum beträgt 12 Monate. Den Teilnahmeschluss finden Sie online beim Kurs.
- Die Fragen und ihre zugehörigen Antwortmöglichkeiten werden online in zufälliger Reihenfolge zusammengestellt.

- Pro Frage ist jeweils nur eine Antwort zutreffend.
- Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70% der Fragen richtig beantwortet werden.
- Teilnehmen können Abonnenten dieser Fachzeitschrift und e.Med- und e.Dent-Abonnenten.

- Sie sehen von einer weiteren Optimierung der medikamentösen Herzinsuffizienztherapie sowie einer geplanten Device-Implantation ab, um den Patienten möglichst zeitnah einer Herztransplantation zuzuführen.
 - Sie besprechen mit dem Patienten die ambulante Durchführung der erforderlichen Voruntersuchungen zur Herztransplantation und vereinbaren eine Wiedervorstellung in 6 Monaten.
- ? Was gehört *nicht* zu den Kontraindikationen für eine Herzspende?**
- Metastasiertes Malignom
 - Koronare Dreifäßerkrankung
 - Zustand nach Reanimation
 - Höhergradige Mitralklappeninsuffizienz
 - Höhergradig eingeschränkte rechtsventrikuläre Pumpfunktion
- ? Welche Aussage bezüglich der Komplikationen im Kurz- und im Langzeitverlauf nach Herztransplantation (HTx) ist zutreffend?**
- Das primäre Transplantatversagen ist in der Regel durch eine hyperakute Abstoßung bedingt.
 - Die Langzeitprognose nach HTx wird im Wesentlichen durch akute Abstoßungsreaktionen bestimmt.
 - Die Transplantatvaskulopathie betrifft etwa 20% der Patienten im Langzeitverlauf nach HTx.
 - In der Frühphase nach HTx kommt es gehäuft zum akuten Nierenversagen.
 - Infektionen spielen im Verlauf nach HTx keine wesentliche Rolle.
- ? Welche Aussage zur Organentnahme bei der Lungentransplantation trifft zu?**
- Rekrutierungsmanöver vor Organperfusion sind zur Vermeidung von Parenchymschäden kontraindiziert.
 - Auf eine Bronchoskopie im Rahmen der Organentnahme wird in der Regel verzichtet.
 - Der Organtransport erfolgt routinemäßig im Perfusion-Transport-System.
- Das Volumenmanagement beim Spender hat bei der Lunge keinen Einfluss auf die Transplantatfunktion.
 - Die Entnahme der Lunge erfolgt en bloc.
- ? Im Rahmen des Informationsgesprächs vor geplanter Listung zur Lungentransplantation (LTx) klären Sie einen Patienten über mögliche Komplikationen im Kurz- und im Langzeitverlauf auf. Welche Aussage diesbezüglich ist zutreffend?**
- Akute Abstoßungen treten im Verlauf nach LTx aufgrund der verbesserten immunsuppressiven Therapie kaum noch auf.
 - Aufgrund der ausgedehnten perioperativen Antibiotikaprophylaxe kommt es in der Frühphase nach LTx nur selten zu Infektionen.
 - Zur Behandlung des Bronchiolitis-obliterans-Syndroms steht mittlerweile eine langfristig wirksame Therapie zur Verfügung.
 - Die primäre Transplantatdysfunktion stellt eine relevante Komplikation im Langzeitverlauf nach LTx dar.
 - Stenosen im Bereich der Bronchialanastomosen sind in der Regel ischämisch bedingt.