

Kardiologie 2025 · 19:295–307  
<https://doi.org/10.1007/s12181-025-00752-w>  
 Angenommen: 10. April 2025  
 Online publiziert: 10. Juli 2025  
 © Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung e.V. Published by Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature  
 - all rights reserved 2025



# Konsensuspapier zur fokussierten transösophagealen Echokardiographie (fTEE) in der Klinischen Akut- und Notfallmedizin

Aus der Kommission für Klinische Kardiovaskuläre Medizin der DGK in Kooperation mit der DGINA, DGIIN und DGIM

Guido Michels<sup>1</sup> · Roland R. Brandt<sup>2</sup> · Hans-Jörg Busch<sup>3</sup> · Katrin Fink<sup>3</sup> · Andreas Franke<sup>4</sup> · Stefan Frantz<sup>5,6</sup> · Christian Jung<sup>7</sup> · Martin Möckel<sup>8</sup> · Caroline Morbach<sup>5</sup> · Kevin Pilarczyk<sup>9</sup> · Dorothea Sauer<sup>10</sup> · Sebastian Wolfrum<sup>11</sup> · Andreas Helfen<sup>12</sup>

<sup>1</sup> Notfallzentrum, Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Trier, Medizincampus Trier der Universitätsmedizin Mainz, Trier, Deutschland; <sup>2</sup> Abteilung für Kardiologie, Kerckhoff Klinik GmbH, Bad Nauheim, Deutschland; <sup>3</sup> Zentrum für Notfall- und Rettungsmedizin, Universitäts-Notfallzentrum (UNZ), Universitätsklinikum Freiburg, Freiburg, Deutschland; <sup>4</sup> Klinik für Kardiologie, Rhythmologie und Internistische Intensivmedizin, KRH Klinikum Siloah Region Hannover, Hannover, Deutschland; <sup>5</sup> Medizinische Klinik und Poliklinik I & Department Clinical Research and Epidemiology, Deutsches Zentrum für Herzinsuffizienz, Universitätsklinikum Würzburg, Würzburg, Deutschland; <sup>6</sup> Kommission für Klinische Kardiovaskuläre Medizin, Deutsche Gesellschaft für Kardiologie, Düsseldorf, Deutschland; <sup>7</sup> Klinik für Kardiologie, Pneumologie und Angiologie des Universitätsklinikums Düsseldorf, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Deutschland; <sup>8</sup> Notfall- und Akutmedizin, ZNA mit CPU, Campus Virchow-Klinikum und Campus Mitte, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Deutschland; <sup>9</sup> Standort Karolinen-Hospital, Kliniken für Intensiv- und Notfallmedizin am Klinikum Hochsauerland, Arnsberg-Hüsten, Deutschland; <sup>10</sup> Zentrale Notaufnahme, Asklepios Klinikum Wandsbek, Hamburg, Deutschland; <sup>11</sup> Interdisziplinäre Notaufnahme Campus Lübeck, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Lübeck, Deutschland; <sup>12</sup> Abteilung für Kardiologie, Katholische St. Paulus Gesellschaft, St.-Marien-Hospital Lünen, Lünen, Deutschland

## Zusammenfassung



Die fokussierte transösophageale Echokardiographie (fTEE) wird neben der Intensivmedizin zunehmend auch in Notaufnahmen angewandt. Eine fTEE sollte nur im Rahmen der erweiterten kardiopulmonalen Reanimation oder im unklaren Schockgeschehen durchgeführt werden, falls eine Fragestellung nicht mittels einer transthorakalen fokussierten Echokardiographie („cardiac point of care ultrasound“ [cPOCUS]) beantwortet werden kann. Die Voraussetzungen, Indikationsstellung und Durchführung der fTEE werden im vorliegenden Konsensuspapier im Sinne des Qualitätsmanagements in der Echokardiographie in der Klinischen Akut- und Notfallmedizin zusammengefasst.

## Schlüsselwörter

Notfallmedizin · Kardiale Bildgebung · Komplikationen · Kardiogener Schock · Reanimation

## Infobox 1

### Fachgesellschaften und Zugehörigkeiten

Die Fachgesellschaften wurden von folgenden Autoren\*innen vertreten:

- Deutsche Gesellschaft für Kardiologie e.V. (DGK): Prof. Dr. G. Michels, Dr. R. R. Brandt, Prof. Dr. A. Franke, Prof. Dr. S. Frantz (stellvertretend für die Kommission für Klinische Kardiologische Medizin [KKK] der DGK), Prof. Dr. C. Jung, Dr. A. Helfen
- Deutsche Gesellschaft für interdisziplinäre Notfall- und Akutmedizin e.V. (DGINA): PD Dr. K. Pilarczyk, PD Dr. D. Sauer
- Deutsche Gesellschaft für Internistische Intensivmedizin und Notfallmedizin e.V. (DGIIN): Prof. Dr. H.-J. Busch, PD Dr. K. Fink, Dr. S. Wolfrum
- Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin e.V. (DGIM): Prof. Dr. M. Möckel, PD Dr. C. Mörbach

Die Bedeutung des Fachgebiets Klinische Akut- und Notfallmedizin nimmt in den letzten Jahren in Zentralen Notaufnahmen (ZNA) bzw. Notfallzentren stetig zu. In der neuen Leistungsgruppe 65 „Notfallmedizin“ werden mindestens 3 Spezialisten mit der entsprechenden Zusatzweiterbildung Klinische Akut- und Notfallmedizin gefordert, innerhalb derer als Handlungskompetenz die „Notfallsonografie von Abdomen, Thorax, Herz, Gefäßen und Bewegungsapparat“ enthalten ist. Die transösophageale Echokardiographie wird nicht explizit aufgeführt, allerdings indirekt im Weißbuch „Versorgung kritisch kranker, nicht-traumatologischer Patienten im Schockraum“ und in den „Empfehlungen der DGINA und DIVI zur Struktur und Ausstattung von Notaufnahmen 2024“ gefordert [1, 2]. Bisher wird der Kompetenzerwerb in der transösophagealen Echokardiographie (TEE) von der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e.V. (DGK), der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI) und der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e.V. (DEGUM) unter anderem in Form von Kursen angeboten. Eine spezielle echokardiographische Ausbildung für die Klinische Akut- und Notfallmedizin im Sinne einer fokussierten TEE, die perspektivisch 24 h/7 Tage vorgehalten werden könnte, existiert bis dato nicht.

Dieses Konsensuspapier wurde in den Zeitschriften *Die Kardiologie, Notfall + Rettungsmedizin* und *Medizinische Klinik – Intensivmedizin und Notfallmedizin* zeitgleich veröffentlicht.

Der Verlag veröffentlicht die Beiträge in der von den Autorinnen und Autoren gewählten Genderform. Bei der Verwendung des generischen Maskulinums als geschlechtsneutrale Form sind alle Geschlechter impliziert.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Eine kardinale Point-of-Care-Ultraschallbildunggebung (cPOCUS) integriert die fokussierte TEE-Untersuchung (fTEE) in verschiedene klinische Szenarien – meist unklarer Schock und kardiopulmonale Reanimation – und untersucht „Points-of-Interest“ unter Berücksichtigung des klinischen Kontexts [3–6]. Im Kontext der Reanimation spricht man von der „resuscitative“ TEE (rTEE). Im Unterschied dazu meint die „comprehensive“ bzw. umfassende TEE (cTEE) ein vollständiges TEE unter kardiologischen Facharztbedingungen. Auch wenn sich die fTEE und rTEE auf begrenzte Fragestellungen konzentrieren, sollten beide Modalitäten als therapieentscheidungsrelevantes Diagnostikum nur von Ärzten durchgeführt werden, die über ausreichend Erfahrung und Sicherheit in der Durchführung der Untersuchung und in der Beurteilung der Bilder verfügen.

Um eine einheitliche Struktur- und Prozessqualität im Rahmen der fokussierten transösophagealen Echokardiographie (fTEE)-Untersuchung in der Klinischen Akut- und Notfallmedizin abzubilden, wurden Empfehlungen von den akutmedizinischen Fachgesellschaften DGK, DGINA, DGIIN und DGIM erarbeitet.

### Persönliche, personelle und apparative Voraussetzungen einer fTEE

Im Sinne der Qualitätssicherung wird im folgenden Kapitel auf die persönlichen, personellen und apparativen Voraussetzungen einer fTEE eingegangen [7]. Ziel sollte sein, dass jeder Arzt verantwortungsbewusst und fachkundig die fTEE-Untersuchung durchführt.

Individuelle Kompetenz wird durch theoretisches Wissen (kognitive und Methodenkompetenz) und eine praktische Anleitung (Handlungskompetenz) im Rahmen einer beaufsichtigten Fortbildung erworben und lässt sich aber durch die Vorgabe einer Zahl von Mindestuntersuchungen oder Theoriestunden nicht sicherstellen (Tab. 1).

Während eine „umfassende transösophageale Echokardiographie“ (cTEE) regelmäßig in der konservativen und interventionellen Kardiologie angewandt wird, kommt die „fTEE-Untersuchung“ mit fokussierter Fragestellung zunehmend auch in der Klinischen Akut- und Notfallmedizin zum Einsatz [13]. Sowohl unter Reanimationsbedingungen als auch bei instabilen Patienten im Kreislaufschock, d. h. intubierte, beatmete und bereits analgosedierte Patienten, ist eine additive Sedierung unter fTEE nicht notwendig.

### Empfehlungen

- Die fokussierte transösophageale Echokardiographie (fTEE) in Notaufnahmen bzw. in Notfallzentren soll nur im Rahmen der erweiterten kardiopulmonalen Reanimation oder im unklaren Schockgeschehen durchgeführt werden, falls die Fragestellung in diesem Kontext nicht mittels einer fokussierten transthorakalen Echokardiographie („cardiac point of care ultrasound“ [cPOCUS]) beantwortet werden kann.
- Zur Durchführung einer aussagekräftigen und für den Patienten sicheren fTEE soll der Untersucher mit dem Verfahren vertraut und das Assistenzpersonal angemessen geschult sein, zudem sollte ein Programm zur Qualitätskontrolle vorhanden sein. Als Instrument zur individuellen Qualitätssicherung ist ein hausinternes Curriculum zusammen mit kardiologischer Fachexpertise erforderlich.

### Komplikationen im Rahmen der fTEE-Untersuchung

Die fTEE-Untersuchung sollte von Kardiologen oder Fachärzten mit der Zusatzweiterbildung Klinische Akut- und Notfallmedizin eingesetzt werden, die in Anlehnung an das Curriculum Klinische Akut- und Notfallmedizin Kenntnisse und Fähigkeiten entsprechend Expertenlevel SIN-II erreicht haben [14], die ihnen die Assistenz und die beaufsichtigte TEE-Untersuchung ermög-

| <b>Tab. 1</b> Übersicht bzw. aktueller Stand zu persönlichen, personellen und apparativen Voraussetzungen der fTEE-Untersuchung                                                                                                                                                 |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Verfahren                                                                                                                                                                                                                                                                       | Indikation                                                                                                                                 | Schnittebenen/Verfahren                                                                                                                                                                                                                                                | Empfohlene Ausbildung für Akut- und Notfallmediziner (orientierende Empfehlungen)                                                                                                                                                                                                                                        | Equipment                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <i>ftTE</i>                                                                                                                                                                                                                                                                     | Erkennung von potenziell reversiblen Ursachen eines Kreislaufstillstandes und zur Identifikation eines „low cardiac output“ („pseudo-PEA“) | Subxiphoidaler Schnitt, ggf. zusätzlich apikale und parasternale Schnitte                                                                                                                                                                                              | Abgeschlossene Fortbildung in cPOCUS, umfassend eine 1- bis 2-wöchige Fortbildung in cPOCUS, sowie 30 bis 50 beaufsichtigte Untersuchungen mit Bildinterpretation im Vergleich zu einer umfassenden Echokardiographie [8]                                                                                                | Ultraschallgerät ZNA/Schockraum                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <i>fTEE</i>                                                                                                                                                                                                                                                                     | Unklares Schockgeschehen                                                                                                                   | Mittösophagealer 4-Kammer-Blick und mittösophageale lange Achse („3-Kammer-Blick“) transgastraler Kurzsachsenschnitt                                                                                                                                                   | Voraussetzung abgeschlossene Fortbildung in cPOCUS, 25 bis 50 fTEE-Untersuchungen, minimal 4–6 h einer strukturierten fTEE-spezifischen Fortbildung, darin enthalten 10 Platzierungen einer TEE-Sonde unter Anleitung am Simulator und am Patienten [9]                                                                  | Ultraschallgerät ZNA/Schockraum. Die Sonde sollte einfach zugänglich sein und in räumlicher Nähe zum Schockraum/ZNA aufbewahrt werden. Vor und nach einer Untersuchung sollte die Sonde auf Beschädigungen überprüft sowie nach SOP der Klinik gereinigt, desinfiziert und auf Dichtigkeit geprüft werden |
| <i>fTEE</i>                                                                                                                                                                                                                                                                     | Führung endovaskulärer Prozeduren (z. B. venovenöse oder venoarterielle ECMO)                                                              | Mittösophagealer 4-Kammer-Blick und mittösophageale lange Achse („3-Kammer-Blick“) transgastraler Kurzsachsenschnitt, mittösophagealer bikavalärer Schnitt [10]                                                                                                        | Wenigstens zusätzlich 10 Untersuchungen unter Anleitung [9] zur Minimierung des Blutungsrisikos. Einführung der Sonde unter laryngoskopischer Sicht empfohlen [10]                                                                                                                                                       | –                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <i>cTEE</i>                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ausschluss eines Thrombus im LAA vor eKV bei nicht lebensbedrohlichen Zuständen und unter Antikoagulation entsprechend SOP der Klinik      | LAA sollte mittösophageal wenigstens bei 0°, 45°, 90° und 135° dargestellt werden, ggf. 3D-Volumendatensatz, ggf. Gabe von lungengängigem Kontrastmittel, wenn ein Thrombus nicht sicher ausgeschlossen werden kann, PW-Doppler Bestimmung der Ausstromgeschwindigkeit | Akut- und Notfallmediziner assistiert oder führt die TEE unter Anleitung durch (Level II) [11], sofern nicht Erfahrung und Fertigkeiten bestehen, die dem Level III Curriculum Kardiologie entsprechen, das 150 eigenständige TEE-Untersuchungen vorsieht [12] vor Durchführung eigenverantwortlicher TEE-Untersuchungen | Ultraschallgerät mit der Möglichkeit zur 3D-TEE und transösophagealen Kontrastechokardiographie                                                                                                                                                                                                           |
| 3D dreidimensional, cPOCUS kardialer Point-of-care-Ultraschall, eKV elektrische Kardioversion, fTEE fokussierte transösophageale Echokardiographie, LAA linksatriales Herzohr, SOP Standard Operation Procedure, TTE transthorakale Echokardiographie, ZNA Zentrale Notaufnahme |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

lichen [11]. Anamnese bzw. Vorerkrankungen sind bei oftmals multimorbiden, bewusstseinsgetrübten Notfallpatienten nur teilweise bis nicht bekannt, sodass prädisponierende Risikofaktoren (z. B. erhöhtes Blutungsrisiko unter Antikoagulationstherapie) bezüglich fTEE-assoziierten Komplikationen nicht erhoben werden können. Wohl wissend, dass eine fTEE-Untersuchung zu Komplikationen führen kann [15, 16], sollte jeder durchführende Arzt über Kenntnisse im Management von TEE-assoziierten Komplikationen verfügen. Die Inzidenz von TEE-bedingten Komplikationen liegt zwischen 0,2 und 1,4 % und die TEE-assoziierte Mortalität < 0,01 % [15, 16]. Über die Komplikationsrate von fTEE-Untersuchungen ist wenig bekannt, da bei Patienten mit fTEE im Rahmen von Reanimationen und unklaren Schockzuständen

eine Letalität von bis zu 85 % durch die Grunderkrankung beschrieben wird und in der Regel keine gezielte Suche nach fTEE assoziierten Komplikationen erfolgt. Aktuelle Daten eines prospektiven TEE-Registers konnten erstmalig zeigen, dass eine fTEE auch unter notfallmedizinischen Bedingungen sicher zu sein scheint [17].

Lokale Verletzungen wie Zahnverletzungen oder Lippentraumata, laryngopharyngeale Läsionen (z. B. Halsschmerzen, Dysphagie, tracheale Intubation bis hin zur Hypopharynxperforation), oropharyngeale Schleimhautverletzungen bis hin zur Ösophagusperforation können durch eine unsachgemäße TEE-Untersuchung – insbesondere unter „hektischen“ Notfallbedingungen – verursacht werden [15, 16].

Eine zu spät erkannte iatrogene Ösophagusperforation hat oftmals einen letalen Verlauf (ca. 20 % Mortalität). Insbesondere bei intubierten bzw. beatmeten kritisch kranken Patienten oder Schwerverletzten wird die TEE-induzierte Ösophagusperforation als Fokus einer Sepsis nicht selten übersehen. Das Auftreten von Fieber oder Zeichen einer Sepsis in zeitlichem Zusammenhang mit einer TEE-Untersuchung, ggf. zusammen mit der sog. Mackler-Trias (Nausea, retrosternale Schmerzen und subkutanes Hautemphysem), sollte immer an eine Ösophagusperforation ins Mediastinum denken lassen. Das Abgleiten der TEE-Sonde in den Recessus piriformis ist die häufigste Sondenfehlage mit Umschlagen des Echoskops, die zu Läsionen führen kann. Auch Manipulationen am gastroöso-

| <b>Tab. 2</b> Abzuwägende Kontraindikationen im Rahmen einer fTEE-Untersuchung                                                                                       |                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Absolute Kontraindikationen</b>                                                                                                                                   | <b>Relative Kontraindikationen</b>                                                                                                                                                       |
| Erkrankungen im oberen Gastrointestinaltrakt mit hohem Komplikationsrisiko (insbesondere Perforation, Strikturen, Traumata, Operationen, tracheoösophageale Fisteln) | Erkrankungen im oberen Gastrointestinaltrakt mit moderatem Komplikationsrisiko (z. B. Barrett-Ösophagus, Mallory-Weiss-Syndrom, Ösophagus-/Fundusvarizen, Zencker-Divertikel, Dysphagie) |
| Kürzliche obere gastrointestinale Chirurgie und/oder Blutung                                                                                                         | Kürzliche bariatrische Chirurgie, Koagulopathien/Thrombopenien/Antikoagulationstherapie/Blutgerinnungsstörungen                                                                          |
| Anmerkung: Eine Endokarditisprophylaxe ist nach aktuellen Empfehlungen nicht erforderlich [18]                                                                       |                                                                                                                                                                                          |

phagealen Übergang und im Bereich des Magenfundus im Rahmen der maximalen Antelexion zur transgastrischen Beurteilung des linken Ventrikels oder des linksventrikulären Ausflusstraktes können einfache Läsionen über Schleimhautblutungen bis hin zur Perforation zur Folge haben.

Pathologische Veränderungen des Oropharynx, des Ösophagus und des Magens, die mit einem deutlich erhöhten Perforationsrisiko einhergehen, sind daher abzuwägende Kontraindikationen für eine fTEE-Untersuchung (■ Tab. 2). Ein erschwertes oder problematisches Einführen der TEE-Sonde gegen Widerstand im oberen Rachenraum oder Ösophagus sollten zum Abbruch der TEE-Sondierung führen und ggf. eine Ösophagogastroskopie nach sich ziehen.

Neben diesen aufgeführten lokalen Komplikationen sind auch systemische Komplikationen – u. a. Blutdruckabfall unter Analgosedierung und/oder TEE-induzierte Arrhythmien (0,03–0,3%) – möglich, weswegen eine akut- bzw. intensivmedizinische Fachexpertise des fTEE-Untersuchers vorausgesetzt wird.

Unter elektiven Bedingungen (cTEE) besteht im Rahmen der TEE-Untersuchung eine Aufklärungspflicht (§ 630e Abs. 3 BGB) über sämtliche Gefahren und Komplikationen, diese ist jedoch im Falle eines Notfalles (fTEE) gemindert oder entfällt ganz, d. h. eine ordnungsgemäße Aufklärung (z. B. im Rahmen eines Kreislaufschocks) kann oftmals nicht erfolgen. Falls im Rahmen der TEE-Untersuchung eine Komplikation auftreten sollte, sollte diese entsprechend lückenlos dokumentiert und transparent kommuniziert werden (z. B. Morbiditäts- und Mortalitätskonferenz [M&M]).

### Empfehlungen

- Vor jeder fTEE-Untersuchung *sollte* sich der untersuchende Arzt stets vergewissern, ob eine Indikation bzw. Kontraindikation für bzw. gegen eine fTEE-Untersuchung vorliegt und die Fragestellung nicht bereits mittels einer transthorakalen Echokardiographie (cardiac point of care ultrasound, cPOCUS) oder einer anderen Untersuchungsmodalität (z. B. Computertomographie) beantwortet werden kann.
- Jeder Arzt, der eine fTEE-Untersuchung durchführt, *sollte* über Kenntnisse von TEE-assoziierten Komplikationen und deren Komplikationsmanagement verfügen.
- Vor jeder fTEE-Untersuchung *sollte* unter Berücksichtigung möglicher milder bis schwerer Komplikationen eine individuelle Nutzen-Schaden Abwägung erfolgen.

### Standardschnitte der fTEE-Untersuchung

Für eine fokussierte transösophageale Untersuchung sind eine mittösophageale und transgastrische Position des Schallkopfes essenziell. Die beste mittösophageale Anlotung wird durch die Zentrierung des linken Vorhofs im Sektor und Maximierung der Längsachse des linken Ventrikels erzielt.

Die unterschiedlichen Anlotebenen sind hauptsächlich durch anatomische Referenzstrukturen definiert, wobei die Position und der elektronische Rotationswinkel der multiplanen Sonde nur Richtgrößen darstellen. Moderne Schallköpfe erlauben auch eine simultane biplane Darstellung von 2 senkrecht aufeinander stehenden Ebenen (z. B. 4- und 2-Kammer-Blick) (■ Tab. 3).

### Empfehlung

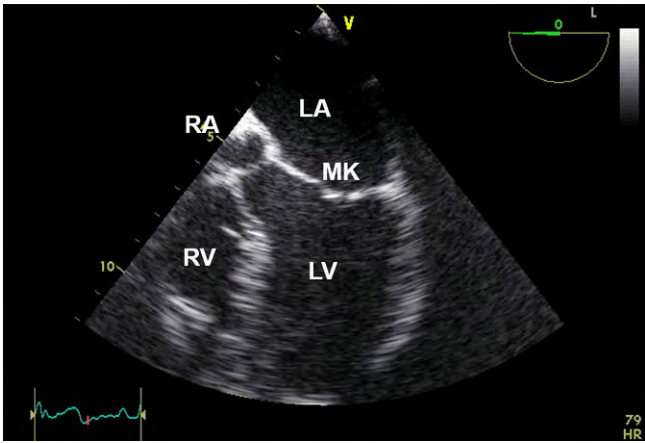
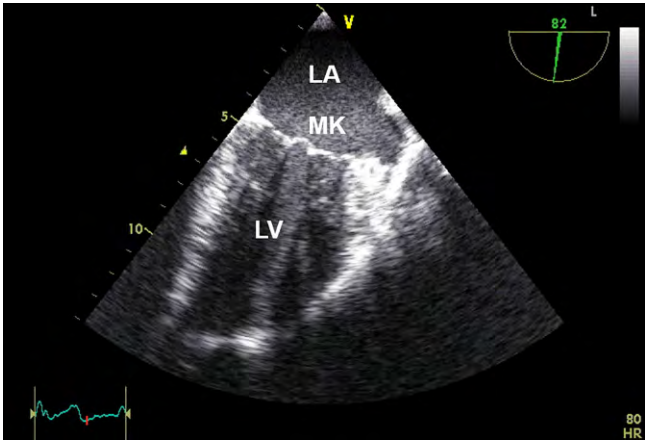
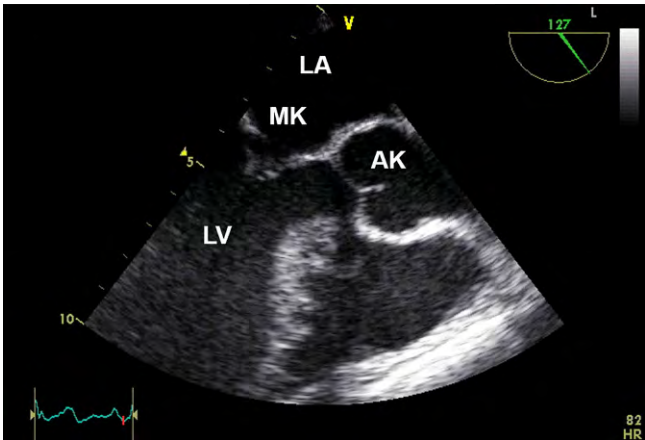
Im Rahmen der fTEE-Untersuchung *sollten* eine mittösophageale und transgastrische Position des Schallkopfs angestrebt werden.

### Unklarer Schock

Das Differenzialdiagnostikum des unklaren Schocks ist primär eine Domäne der fTEE im Rahmen des RUSH („rapid ultrasound for shock and hypotension“-) Protokolls. Im Fokus steht das Erkennen einer Perikardtamponade, einer akuten Rechtsherzbelastung, einer eingeschränkten linksventrikulären Pumpfunktion und regionaler Wandbewegungsstörungen. Zur differenzierten Diagnostik von akuten Klappenitien (z. B. akute Aortenklappeninsuffizienz im Rahmen eines septischen Schocks, basierend auf einer Endokarditis) oder einer Dissektion der Aorta thoracalis kann ein fTEE indiziert sein. Falls keine eindeutige Diagnose via fTEE gesichert werden kann, sollte erst nach akutmedizinischer Stabilisierung des Patienten ein cTEE angestrebt werden. Die nachfolgende ■ Tab. 4 stellt eine Übersichtstabelle zum Einsatz der fTEE und cTEE-Untersuchung im Rahmen der Akutdiagnostik des Schockgeschehens dar.

Patienten mit unklarer Hypotonie bzw. Kreislaufschock ohne offensichtliches Trauma sollten neben unklarem Koma und Atemwegs- bzw. respiratorischen Problemen über den konservativen Schockraum abgeklärt werden [19, 20]. Das primäre sonographische Assessment erfolgt im Hinblick auf Hypotonie und Schock via RUSH („rapid ultrasound for shock and hypotension“-) Protokoll [21]. Insbesondere bei Patienten mit erweitertem Atemwegsmanagement, die sich im Schockraum typischerweise in Rückenlage befinden und bei Überdruckbeatmung oft von transthorakal nur eingeschränkt schallbar sind, bietet sich in Situationen hämodynamischer Instabilität eine abklärende fTEE an.

Insbesondere septische Patienten bzw. Patienten im septischen Schock stellen eine große und relevante Gruppe im Notaufnahmekontext dar. Zugleich besteht hier ein einzigartiges „Window of Opportunity“ zur Früherkennung, Diagnosesicherung und Therapieeinleitung. Das 1- oder 3-h-Bundle ist nur innerhalb

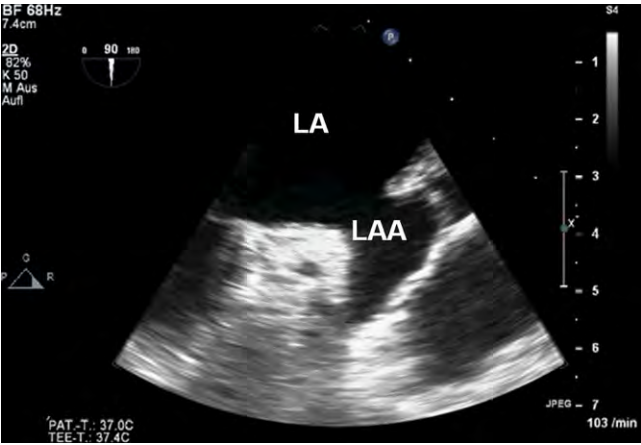
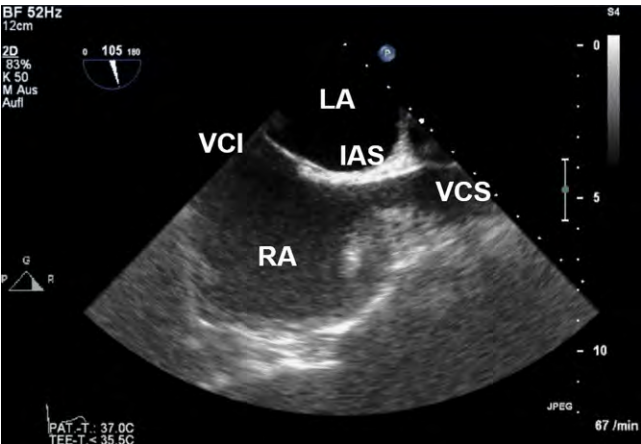
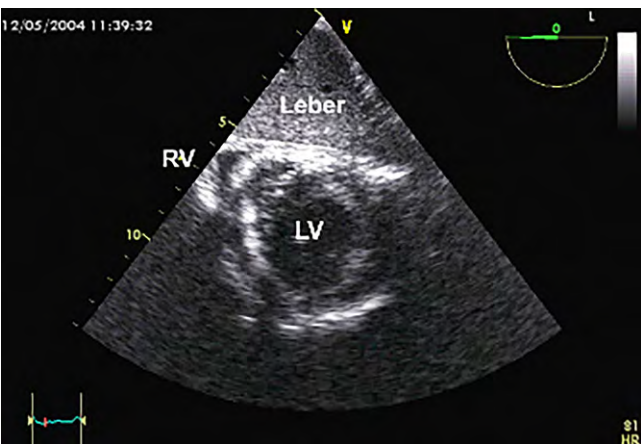
| Tab. 3 Standardschnitte der fTEE-Untersuchung                                       |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Anlotebene                                                                          | Einstellungen                                           |
| 4-Kammer-Blick                                                                      |                                                         |
|    | Sondenposition: mittösophageal<br>Rotationswinkel: 0°   |
| 2-Kammer-Blick                                                                      |                                                         |
|   | Sondenposition: mittösophageal<br>Rotationswinkel: 90°  |
| Lange Achse                                                                         |                                                         |
|  | Sondenposition: mittösophageal<br>Rotationswinkel: 130° |

der Notaufnahmeverorgung realistisch abzubilden [22]. Zugleich sollte bei der Sepsis immer die Fokuserkennung im Mittelpunkt stehen, welche das weitere Prozedere bestimmt. Die Endokarditis als differenzialdiagnostischer Fokus kann nur

mittels TEE sicher abgeklärt werden [18]. Insofern stellt die Kompetenz der fTEE bei der frühen Sepsisdiagnostik einen zukünftig anzustrebenden Standard dar.

Die wesentlichen Indikationen für eine fTEE-Untersuchung im Rahmen eines

unklaren Schockgeschehens sind daher die hämodynamische Instabilität infolge von myokardialen (z.B. linksventrikuläre Dysfunktion im Rahmen einer akuten Myokarditis), perikardialen (z.B. Perikarderguss) oder valvulären Herzerkrankungen

| Tab. 3 (Fortsetzung)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anlotzebene                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Einstellungen                                                                                             |
| Linkes Vorhofrohr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p>Sondenposition: mittösophageal<sup>#</sup><br/>                     Rotationswinkel: 45-60-90-135°</p> |
| Bikavaler Blick                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>Sondenposition: mittösophageal<sup>#</sup><br/>                     Rotationswinkel: 100°</p>          |
| Kurze Achse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>Sondenposition: transgastrisch<br/>                     Rotationswinkel: 0°</p>                        |
| <p>* Ggf. leichte mechanische Längsrotation der Sonde nach links (gegen den Uhrzeigersinn)<br/>                     # Ggf. leichte mechanische Längsrotation der Sonde nach rechts (im Uhrzeigersinn)<br/>                     AK Aortenklappe, LA linker Vorhof, LAA linkes Vorhofrohr, LV linker Ventrikel, IAS interatriales Septum, MK Mitralklappe, RA rechter Vorhof, RV rechter Ventrikel, VCI V. cava inferior, VCS V. cava superior</p> |                                                                                                           |

| Tab. 4 Orientierungshilfe zu klinischen Fragestellungen in der Notaufnahme und die Rolle der TEE-Untersuchung im Rahmen der Akutdiagnostik |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                |                                                                                                                                                                      |                              |                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Akute Fragestellung                                                                                                                        | Untersuchte Strukturen                                                                                                                                                                                                         | Schallkopfposition                                                                                             | Echo Modalitäten                                                                                                                                                     | Andere bildgebende Verfahren | Wo hat die TEE Vorteile?                                                                                             |
| Unklarer Schock (fTEE)                                                                                                                     | Linksventrikuläre Funktion, Rechtsherzbelastungszeichen/Lungenarterienembolie (RV-Größe/-Morphologie und Funktion, TK, Darstellung der A. pulmonalis), Perikardtamponade, Aorta thoracalis (Dissektion), akute Klappeninvitien | TTE: Apikal 4K, 3K, 2K, PLAX/PSAX<br>TEE: TE 0°/60°/90°, 120° (LAX) und TG 0°/70° (SAX)<br>S. Aorta thoracalis | 2D, Farb-Doppler                                                                                                                                                     | CT                           | Domäne des TTE im Rahmen des RUSH-Protokolls                                                                         |
| Speziell: Sepsis/septischer Schock bei Endokarditisverdacht (fTEE oder cTEE)                                                               | Mitralklappe, Mitralklappenprothese Clip                                                                                                                                                                                       | TE 0°, 60°, 90°, 150°                                                                                          | 2D, CW-, Farb-Doppler                                                                                                                                                | TTE, PET/CT                  | Hohe räumliche und zeitliche Auflösung, Beurteilung Insuffizienz und paravalvuläre Leckage                           |
|                                                                                                                                            | Aortenklappe<br>Aortenklappenprothese                                                                                                                                                                                          | ME 45°, 135°                                                                                                   | 2D, CW-, Farb-Doppler                                                                                                                                                | TTE, PET/CT                  | Hohe räumliche und zeitliche Auflösung, Beurteilung Insuffizienz und paravalvuläre Leckage                           |
|                                                                                                                                            | Abszess                                                                                                                                                                                                                        | ME 45°, 135°                                                                                                   | 2D                                                                                                                                                                   | PET/CT                       | Abszess                                                                                                              |
|                                                                                                                                            | Trikuspidalklappe<br>Trikuspidalklappenprothese<br>Clip                                                                                                                                                                        | Tiefe TE: 60°, 150°<br>TG: 45–50°, 135–140°                                                                    | 2D, CW-, Farb-Doppler                                                                                                                                                | TTE, PET/CT                  | Hohe räumliche und zeitliche Auflösung, Beurteilung Insuffizienz und paravalvuläre Leckage                           |
| Speziell: Emboliequellenuche (cTEE)                                                                                                        | Schrittmachersonde                                                                                                                                                                                                             | TG: 120°, 60; tiefe TE: 50°, TE: 110°<br>Ggf. atypische Anlotung je nach Verlauf der Sonde                     | 2D                                                                                                                                                                   | TTE, PET/CT                  | Bei geringer entzündlicher Reaktion PET/CT ggf. falsch negativ                                                       |
|                                                                                                                                            | LAA                                                                                                                                                                                                                            | ME 60° und 150°                                                                                                | 2D, Farb-Doppler, ggf. Gabe von lungengängigem Kontrastmittel, wenn ein Thrombus nicht sicher ausgeschlossen werden kann, PW-Doppler der LAA-Ausstromgeschwindigkeit | CT, MRT                      | Im CT/MRT Differenzierung Artefakt vs. Thrombus oft schwierig. TEE erlaubt strukturelle und funktionelle Beurteilung |
|                                                                                                                                            | Linker Ventrikel                                                                                                                                                                                                               | TE 0°/90°                                                                                                      | 2D, Farb-Doppler, ggf. Gabe von lungengängigem Kontrastmittel                                                                                                        | TTE, MRT                     | LV-Spitze im TEE ggf. nicht sicher beurteilbar; ggf. besser im TTE                                                   |
|                                                                                                                                            | Aorta thoracalis                                                                                                                                                                                                               | AoAsc. ME 135°<br>AoArch ME 0–10°/90°<br>AoDesc. TE 0°/90°                                                     | 2D, Farb-Doppler                                                                                                                                                     | CT                           | Thrombotisch belegte exulzerierte Plaques ggf. im TEE sicherer beurteilbar                                           |
| Speziell: Thoraxschmerz/Dissektionsverdacht (cTEE)                                                                                         | Linker Ventrikel, Wandbewegungsstörungen                                                                                                                                                                                       | TTE: Apikal 4K, 3K, 2K, PLAX/PSAX<br>TEE: TE 0°/90°, 120° (LAX) und TG 0° (SAX)                                | 2D                                                                                                                                                                   | –                            | Domäne der TTE                                                                                                       |
|                                                                                                                                            | Aorta thoracalis<br>Dissektion, intramurales Hämatom                                                                                                                                                                           | AoV: TE 120° (LAX) und 40° (SAX)<br>AoAsc. TE 100°/20°<br>AoArch TE 10°/90°<br>AoDesc. TE 0°/90°               | 2D, Farb-Doppler, Kontrast-Echo                                                                                                                                      | CT, TTE, (MRT)               | Gleiche Sensitivität/Spezifität wie CT                                                                               |

| Tab. 4 (Fortsetzung) |                                                                                | Untersuchte Strukturen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Schallkopfposition                                                                                                          | Echo Modalitäten                                                                 | Andere bildgebende Verfahren                        | Wo hat die TEE Vorteile?                                                                                                                                                     |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Akute Fragestellung  | Speziell: Shunt (cTEE)                                                         | Vorhofseptum Fossa ovalis<br>Ventrikelseptum (z. B. Infarkt-VSD als mögliche Infarktkomplikation)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Mind. 40° und bikavale longitudinale Ebene (ca. 110°)<br>TG 0° und 90°<br>TE 50° und 120°                                   | 2D, Farb-Doppler, Rechts-Kontrast-Echo<br><br>2D, Farb-Doppler                   | (MRT)<br><br>CT, MRT, TTE insbes. bei apikalen VSDs | TEE: beste Bildqualität<br><br>-                                                                                                                                             |
|                      | Speziell: Kompression/Restriktion (cTEE)                                       | Extrakardiale Tumoren<br><br>Perikarderguss mit Tamponade, Zeichen der hämodynamischen Wirksamkeit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Alle Ebenen nutzen<br><br>TG 0°, 90° und 120°                                                                               | 2D<br><br>2D                                                                     | CT, MRT<br><br>TTE (CT, MRT)                        | Beurteilung von Blutflüssen (z. B. bei Obstruktionen)<br><br>TEE nur bei transthorakal kaum schallbaren Patienten; TEE nach kardiochirurgischen Eingriffen evtl. von Vorteil |
|                      | Speziell: akute Klap-<br>peninsuffizienz und<br>Prothesendysfunktion<br>(cTEE) | Mitralklappe, Aortenklappe (Trikuspidalis)<br><br>Prothesen, para- und transvalvuläre Leckagen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Mitralis und Aorta: TE 40°, 60°, 120°<br>Trikuspidalis: TG: 120°, 60°;<br>tiefe TE: 50°, TE: 110°<br><br>Alle Ebenen nutzen | 2D, PW-, CW-, Farb-Doppler, evtl. 3D<br><br>2D, PW-, CW-, Farb-Doppler, evtl. 3D | TTE<br><br>TTE                                      | TEE: beste Bildqualität<br><br>TEE: beste Bildqualität                                                                                                                       |
|                      |                                                                                | 2D zweidimensional, 3D dreidimensional, PW Pulsed-Wave, CW Continuous-Wave, ME mittlöthophageal, TTE transthorakale Echokardiographie, TEE transösophageale Echokardiographie, cTEE „comprehensive“ bzw. umfassende TEE, fTEE fokussierte TEE, TG transgastrales Schallfenster, CT Computertomographie, PET Positronenemissionstomographie, MRT Magnetresonanztomographie, PLAX parasternale Längsschneise, PSAX parasternale Querschneise, TE tief ösophageal |                                                                                                                             |                                                                                  |                                                     |                                                                                                                                                                              |

(z. B. dekompensierte Mitralklappeninsuffizienz) sowie der Verdacht auf eine Lungenarterienembolie, eine Endokarditis oder eine Aortendissektion ([23]; **Tab. 5**), falls eine transthorakale Notfallechokardiographie nicht diagnostisch wegweisend sein sollte (**Abb. 1**).

#### Empfehlungen

- Die fokussierte transthorakale Echokardiographie *soll* im Rahmen des unklaren Schockgeschehens („rapid ultrasound for shock and hypotension“ [RUSH]) oder der kardiopulmonalen Reanimation („focused echocardiographic evaluation in life support“ [FEEL]) als primäres bildgebendes Akutdiagnostikum im Vordergrund stehen.
- Falls die fokussierte transthorakale Echokardiographie im Rahmen der Akutdiagnostik nicht wegweisend oder unklar sein sollte, *kann* unter den oben beschriebenen Voraussetzungen, eine fokussierte transösophageale Echokardiographie (fTEE) im Rahmen des Schockraummanagements der Notaufnahme durchgeführt werden.
- Kann unter fTEE-Bedingungen wiederum keine eindeutige Diagnose gesichert werden, *sollte* erst nach Stabilisierung des Patienten und bestehendem Verdacht auf eine kardiale Ätiologie ein cTEE angestrebt werden.
- Die differenzierte cTEE-Untersuchung und echokardiographische Beurteilung der teils komplexen Pathologien *soll* von einem Facharzt für Kardiologie mit Echokardiographiekompetenz oder unter seiner Supervision durchgeführt werden.

#### Kardiale Emboliequellen im Rahmen von Kardioversionen

Eine elektrische und medikamentöse Kardioversion bei Erstdiagnose von Thromben bzw. nach Nachweis von mobilen Anteilen eines organisierten Thrombus sollte nicht erfolgen, da hierin ein erhöhtes Thromboembolierisiko liegt. Das linke Vorhofohr (LAA) ist die prädestinierte Lokalisation für Vorhofthromben bei Patienten mit Vorhofflimmern, über 90 % der Vorhofthromben finden sich im LAA [24]. Daten zur Sicherheit der Kardioversion bei Ventrikeltromben sind rar, zeigen jedoch bisher kein erhöhtes Embolierisiko, weshalb sich die Emboliequellensuche im Rahmen der Kardioversion auf den linken Vorhof und insbesondere das LAA konzentriert [25]. Die

| Tab. 5 Mögliche Indikationen der fTEE-Untersuchung im unklaren Schockgeschehen |                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                                                                                | Indikation                                                           |
| A                                                                              | Aortendissektion, falls CT nicht verfügbar bzw. durchführbar         |
| C                                                                              | Kardiogener Schock, u. a. links- oder rechtsventrikuläre Dysfunktion |
| U                                                                              | Lungenarterienembolie, falls CT nicht verfügbar bzw. durchführbar    |
| T                                                                              | Tamponade, z. B. im Rahmen eines traumatischen Kreislaufstillstandes |
| E                                                                              | Endokarditis-assoziiertes septischer Schock                          |

TEE ist die zuverlässigste Methode zum Ausschluss eines Thrombus im LAA vor einer Kardioversion bei Vorhofflimmern [24].

Die aktuelle europäische Leitlinie zum Vorhofflimmern empfiehlt, dass in akuten Situationen oder wenn eine frühzeitige Kardioversion erforderlich ist, eine TEE-Untersuchung durchgeführt werden sollte [26]. Auf ein TEE vor einer elektrischen Kardioversion kann entsprechend der ESC-Leitlinie verzichtet werden, sofern der Beginn des Vorhofflimmerns mit hoher Sicherheit vor weniger als 24 h lag oder aber eine effektive Antikoagulation über die letzten 3 Wochen bestanden hat. Bei Zweifel über die Dauer des Vorhofflimmerns oder nicht erfolgter 3-wöchiger oraler Antikoagulation sollte die Indikation zur TEE vor Kardioversion gestellt werden [26]. Falls im Rahmen der ersten Bildgebung ein Thrombus identifiziert wurde, sollte ein erneutes TEE vor der Kardioversion veranlasst werden. Die Gefahr einer Thrombenbildung wird durch folgende Faktoren beeinflusst: Dilatation des Vorhofes ( $>34 \text{ ml/m}^2$ ), 2 oder mehr LAA-Lobuli, vermehrte Trabekularisierung, Dysfunktion des LAA mit reduzierter Entleerungs-/Füllungsgeschwindigkeit ( $<20 \text{ cm/s}$ ). Bei normaler Füllungsgeschwindigkeit ( $>55 \text{ cm/s}$ ) ist das Risiko einer Thrombenbildung sehr gering. Der Farbdoppler hilft bei der Positionierung der Messzelle zur Messung der Entleerungs-/Füllungsgeschwindigkeiten mittels PW-Doppler. Bei hämodynamisch instabilen Patienten ist weiterhin kein TEE vor elektrischer Kardioversion notwendig.

Folgende Schnittebenen werden für die transösophageale Echokardiographie des Herzohres empfohlen: mittösophageal  $45^\circ$  kurze Achse mit Ostium und Herzohrspitze in der Scanebene. In  $15^\circ$ -Schritten wird von  $0$ – $90^\circ$  das Herzohr dargestellt [27]. Ein Thrombus ist definiert als eine Struktur, die in 2 Ebenen darstellbar ist und sich in

Echogenität und Mobilität von der Wand des Herzohres unterscheidet.

Spontaner Echokontrast (SEC) ist gekennzeichnet durch eine regional erhöhte Echogenität aufgrund einer verlangsamten Flussgeschwindigkeit (oft beschrieben als „Rauch“) und erschwert das Erkennen von Thromben. Der Einsatz von Echokonstrastverstärkern (lungengängige Ultraschallkontrastmittel) wird bei Vorhandensein von SEC empfohlen, um Thromben, die als Kontrastmittelaussparung imponieren, abzugrenzen. Das Vorhandensein von SEC gilt nicht als Kontraindikation für eine Kardioversion.

Die Dokumentation der cTEE vor Kardioversion sollte folgende Aspekte beinhalten: (a) Nachweis/Ausschluss von LAA-Thromben, (b) die LAA-Flussgeschwindigkeiten und (c) der Nachweis/Ausschluss von Spontankontrast und Sludge im LAA.

Nicht selten sind die morphologische und funktionelle Evaluation des LAA via TEE eingeschränkt, sodass die Differenzierung LAA-Thromben vs. Mm. pectinati bzw. Trabekelwerk nicht mit ausreichender diagnostischer Sicherheit gelingt. Auch die Detektion von SEC und Sludge kann sich als schwierig gestalten, sodass im Zweifelsfall eine Kontrastechokardiographie durchgeführt werden sollte. Eine sichere Beurteilung des LAA setzt daher eine echokardiographische Fachexpertise und Erfahrung voraus [28], sodass eine umfassende TEE-Untersuchung (cTEE) notwendig ist bzw. vorausgesetzt werden sollte.

#### Empfehlungen

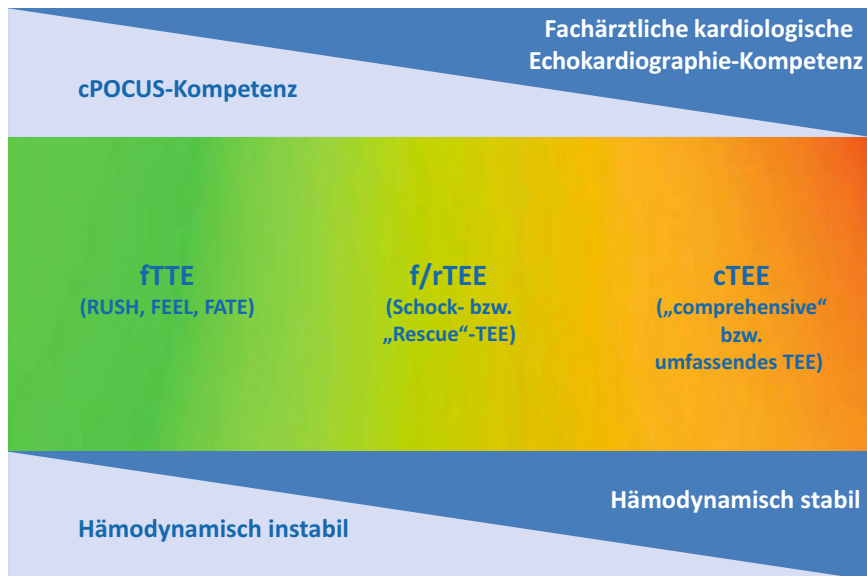
- Die echokardiographische Evaluation bezüglich kardialer Emboliequellen im Rahmen von Kardioversionen *soll* durch eine umfassende TEE-Untersuchung (cTEE) erfolgen.
- Die qualitative Beurteilung des LAA mittels cTEE *soll* von einem Facharzt mit echokardiographischer Expertise und Erfahrung – idealerweise Facharzt für Kardiologie – durchgeführt werden.

## fTEE im Rahmen einer Notfall-ECMO-Anlage (eCPR)

Bei Nicht-Wiedereinsetzen eines Spontankreislaufs („return of spontaneous circulation“ [ROSC]) beim Kreislaufstillstand sind oftmals keine weiteren konservativen Therapieoptionen verfügbar, und die extrakorporale kardiopulmonale Reanimation („extracorporeal cardiopulmonary resuscitation“ [eCRP], d.h. Implantation einer venoarteriellen extrakorporalen Membranoxygenierung [va-ECMO] bzw. einer ECLS „extracorporeal life support“) unter den Wiederbelebensbedingungen) kann als Therapieoption für ausgewählte Patienten mit Kreislaufstillstand und potenziell reversibler Ätiologie erwogen werden (z.B. Myokardinfarkt) [29, 30]. Die fokussierte transösophageale Echokardiographie(fTEE)-Untersuchung nimmt unter diesen speziellen Bedingungen eine wichtige Rolle ein, da die Thoraxkompressionen im Rahmen der kardiopulmonalen Reanimation (CPR) nicht unterbrochen werden sollen, sondern kontinuierlich mit einer Minimierung der Hands-on-Zeit durchgeführt werden können. Zudem ist die Bildqualität unter diesen erschwerten Schallbedingungen in der Regel deutlich besser.

Die fTEE-Untersuchung unter CPR bzw. „resuscitative TEE“ (rTEE) kann unter CRP/eCRP-Bedingungen in der Notaufnahme wie folgt eingesetzt werden:

- *Überprüfung der Qualität der CPR-Maßnahmen bzw. des korrekten Druckpunktes:* Die korrekte Position und Tiefe der Herzdruckmassage hat großen Einfluss auf das Outcome der CPR. Die Kompression des linken Ventrikels (LV) sollte maximal sein, ohne den LV-Ausflusstrakt (LVOT) zu behindern; die Aortenklappe sollte sich öffnen und schließen. Während für die manuelle Thoraxkompression ein Monitoring bezüglich Drucktiefe und Frequenz von einigen Firmen angeboten wird (z.B. Akzelerometriebasierte Technik), ist dies unter Einsatz von mechanischen Reanimationshilfen nicht bzw. sehr eingeschränkt möglich. Mittels rTEE kann eine orientierende hämodynamische Evaluation des Druckpunktes in der mittösophagealen Längsachse (ME-LAX  $120$ – $140^\circ$ )



**Abb. 1** ▲ Echokardiographiemodalitäten in der Klinischen Akut- und Notfallmedizin in Abhängigkeit von der fachlichen Kompetenz und der hämodynamischen Situation. *cPOCUS* „cardiac point of care ultrasound“, *cTEE* „comprehensive“ bzw. umfassende transösophageale Echokardiographie, *RUSH* „rapid ultrasound for shock and hypotension“, *FATE* „focused assessment with transthoracic echo“, *FEEL* „focused echocardiographic evaluation in life support“, *fTEE* fokussierte transösophageale Echokardiographie, *rTEE* „resuscitative“ transösophageale Echokardiographie

- durchgeführt werden, sodass eine rTEE-kontrollierte Neupositionierung des Kompressionspunktes möglich ist. Alternativ kann die transgastrale Längsachse verwendet werden. Die Beurteilung der CPR-Effizienz mittels rTEE sollte mit der Kapnometrie verglichen werden (mindestens > 10 mm Hg und idealerweise über 20 mm Hg). Zahlreiche Studien belegen die sichere Anwendung und den Nutzen der rTEE im Rahmen der CPR [29, 31]. Nicht selten lag der Druckpunkt fälschlich über dem LVOT oder der Aortenwurzel [32]. In diesen Fällen hilft in der Regel eine Korrektur des Druckpunktes nach kaudal und etwas mehr zur Mitte des Brustkorbs. Auch eine isolierte Kompression des rechten Ventrikels durch die Thoraxkompression kann beobachtet werden.
- *Diagnose von potenziell reversiblen Ursachen des Kreislaufstillstandes:* Mittels rTEE können eine Perikardtamponade (insbesondere bei Traumatic Cardiac Arrest) oder eine Aortendissektion ausgeschlossen bzw. nachgewiesen werden. Die Lungenarterienembolie kann echokardiographisch unter Reanimationsbedingungen nicht ausgeschlossen werden, da eine

- rechtsventrikuläre Dilatation und/oder Dysfunktion u. a. häufig als pathophysiologisches Postcardiac-Arrest-Phänomen beschrieben wird. Als Schnittebenen eignen sich v. a. der mittösophageale 4-Kammer-Blick sowie die transgastrisch kurze Achse. In der Studie von Teran et al. konnte bei einem Drittel der Patienten die Ätiologie des Herz-Kreislauf-Stillstands bereits durch das rTEE festgestellt werden [32].
- *rTEE-gesteuerte Kanülierung und Detektion von Implantations-assoziierten Komplikationen:* Der Vorgang der Gefäßpunktion unter laufender CPR, das Verschieben und sichere Platzieren der langen (starken) Führungsdrähte sowie der großlumigen Kanülen ist äußerst herausfordernd und unter CPR-Bedingungen die Hauptquelle für ernsthafte Komplikationen. Die sonographische Überprüfung der Position der Drähte und Kanülen ist daher wichtig, um Komplikationen (z. B. Perikarderguss, Aortendissektion) zu vermeiden [3, 10, 31, 33]. Zudem können ein prominentes Chiari-Netz, ein mobiles/aneurysmatisches Vorhofseptum, ein Vorhofseptumdefekt, Stimulations-/ICD-Elektroden oder Thrombusmaterial im rechten Vorhof

(RA) zu Problemen bei der Platzierung oder der Funktion der ECMO führen. Da anhand der Blutfarbe (dunkelblau) kaum zwischen Arterie und Vene unterschieden werden kann und sonographisch – insbesondere bei adipösen Patienten – die Femoralgefäße unter CPR-Bedingungen oftmals eingeschränkt darstellbar sind, ist eine Differenzierung zwischen arteriellem und venösem System erschwert. Mittels rTEE kann zum einen insbesondere im bikavalen Blick der venöse Draht während der sequenziellen Dilatation und dem Verschieben der Kanüle sowohl in der unteren als auch in der oberen Hohlvene gut visualisiert werden und eine Migration zum RV durch die Trikuspidalklappe, zum linken Vorhof (LA) durch einen möglichen Vorhofseptumdefekt oder zum Koronarsinus vermieden werden. Die ideale Position der venösen Kanüle liegt am cavoatrialen Übergang. Die korrekte Position des arteriellen Drahtes kann in der Aorta descendens bestätigt werden (mittösophageal Aorta ascendens Längs- und Kurzachse).

- *Diagnose einer linksventrikulären (LV) Distension nach ECMO-Implantation:* Aufgrund des retrograden Flusses der ECLS und einer oftmals hochgradig eingeschränkten LV-Funktion kann eine linksventrikuläre Distension resultieren. Eine ausbleibende adäquate myokardiale Erholung, die Entstehung von intrakardialen Thromben durch Stase, Lungenversagen oder myokardiale Ischämie sind oftmals die Folgen [34]. Bei Vorliegen einer linksventrikulären Distension soll nach Ausschöpfung sämtlicher konservativer Maßnahmen eine aktive LV-Entlastung angestrebt werden. Mögliche echokardiographische Zeichen einer LV-Belastung sind: keine oder nur minimale Öffnung der Aortenklappe, das Vorhandensein eines signifikanten spontanen Echokontasts oder eines Thrombus im linken Herzen oder der Aortenwurzel, eine Dilatation des linken Herzens und ein unzureichendes Schlagvolumen ( $VTI[Velocity\ Time\ Integral]_{LVOT} < 10\ cm$ ) [35, 36]. Die optimale Schnittebene diesbezüglich ist

in der Regel die 120° mittösophageale Längsachse.

## Empfehlungen

- Im Rahmen der Thoraxkompressionen insbesondere unter Einsatz von mechanischen Reanimationshilfen können ein Perikarderguss und eine Aortendissektion als Ursache des Kreislaufstillstandes via rTEE zeitnah diagnostiziert werden.
- Unter eCPR sollte ein rTEE zur Lagekontrolle der Führungsdrähte und Kanülen sowie der Detektion von möglichen Implantations-assoziierten Komplikationen wie Perikarderguss oder Aortendissektion erfolgen.
- Nach jeder ECLS-Anlage sollte zeitnah mittels rTEE das Ausmaß der LV-Distension (Notwendigkeit eines LV-Unloadings) beurteilt werden.

## Korrespondenzadresse



### Prof. Dr. Guido Michels

Notfallzentrum, Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Trier, Medizincampus Trier der Universitätsmedizin Mainz  
Nordallee 1, 54292 Trier, Deutschland  
g.michels@bbtgruppe.de

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** G. Michels ist Past-Sprecher der Arbeitsgruppe Kardiopulmonale Reanimation (AG42), Sprecher des Cluster A: Kardiovaskuläre Akut- und Intensivmedizin der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie e. V. (DGK); er ist Sprecher der Arbeitsgruppe Sonografie in der klinischen Akut- und Notfallmedizin (SCAN) der Deutschen Gesellschaft für interdisziplinäre Notfall- und Akutmedizin e. V. (DGINA); er ist berufenes Mitglied im Fachausschuss Medizin der Deutschen Krankenhausgesellschaft e. V. (DGK) und Haupterausgeber der Zeitschrift „Intensiv- und Notfallbehandlung“ (Dustri-Verlag); er erhielt gelegentlich Honorare für Vortragstätigkeiten von Getinge, Orion Pharma und AOP Orphan Pharmaceuticals Germany GmbH sowie Drittmittel von der Kardiologischen Versorgungsforschung der DGK e. V. (DGK-ZfKVf). Die Interessenkonflikte stehen in keinem Zusammenhang mit dem vorliegenden Konsensuspapier. R. Brandt ist Sprecher der Arbeitsgruppe 5 Kardiovaskulärer Ultraschall der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie

e. V. (DGK) und erhielt gelegentlich Honorare für Vortragstätigkeiten von Pfizer, Alnylam und Philips. Die Interessenkonflikte stehen in keinem Zusammenhang mit dem vorliegenden Konsensuspapier. A. Franke erhielt gelegentlich Honorare für Vortragstätigkeiten und Unterstützungen für Fortbildungsveranstaltungen von AstraZeneca, Bristol Myers Squibb, Novartis, Pfizer, Pharmacosmos und Philips. Es bestehen keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit dem vorliegenden Konsensuspapier. S. Frantz erhielt Unterstützung für Studien, Kongresse und Vorträge von Abbot, Abiomed, Amarin, Amgen, AstraZeneca, Bayer, Berlin-Chemie, Biotronik, Boehringer, Bristol Myers Squibb, Boehringer, Daiichi Sankyo, Edwards, Lilly, Novartis, Novo Nordisk, Pfizer, Sanofi-Aventis, Siemens, Vifor, Zoll. Es bestehen keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit dem vorliegenden Konsensuspapier. C. Jung ist stellvertretender Sprecher des Cluster A: Kardiovaskuläre Akut- und Intensivmedizin der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie e. V. (DGK) und erhielt Unterstützung von German research foundation, German ministry for economy and energy, State of Nordrhein-Westfalen, German space agency, European Union, Edwards Lifesciences sowie erhielt gelegentlich Honorare für Vortragstätigkeiten von Bristol Myers Squibb, Daiichi Sankyo, Boehringer Ingelheim. Es bestehen keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit dem vorliegenden Konsensuspapier. D. Sauer ist Sprecherin der Arbeitsgruppe Sonografie in der klinischen Akut- und Notfallmedizin (SCAN) der Deutschen Gesellschaft für interdisziplinäre Notfall- und Akutmedizin e. V. (DGINA); sie erhielt gelegentlich Honorare für Vortragstätigkeiten von Sanofi. Die Interessenkonflikte stehen in keinem Zusammenhang mit dem vorliegenden Konsensuspapier. M. Möckel ist Mitglied des Arbeitskreises Notfallsonographie der DEGUM. Er berät Roche Diagnostics und Thermo Fischer und erhält gelegentlich Vortragshonorare von DiaSorin, Sanofi, AstraZeneca, EMCREG und PeerVoice. Er erhält Forschungsförderung vom BMBF, dem BMG, Innovationsfond, der DFG und Roche Diagnostics. Als Prodekan für Studium und Lehre der Charité ist er u. a. für die Ultraschallausbildung im Studium verantwortlich. Für das aktuelle Konsensuspapier gab es keine Zuwendungen. C. Morbach hat eine wissenschaftliche Kooperation mit Tomtec Imaging Systems, gefördert über den Projektträger Bayern, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (MED-1811-0011, LSM-2104-0002 und LSM-2403-0005); sie erhält finanzielle Unterstützung über das Interdisziplinäre Zentrum Klinische Forschung, Würzburg (Advanced Clinician-Scientist Programm; AdvCSP 3). Sie erhielt Berater- und Referentenhonorare sowie Reisekostenunterstützung von Tomtec Imaging Systems, Edwards, Alnylam, Pfizer, Boehringer Ingelheim, Eli Lilly, AstraZeneca, Novo Nordisk, Alexion, Janssen, Bayer, Intellia und EBR Systems; sie ist Principal Investigator in klinischen Studien von Alnylam, Bayer, Novo Nordisk, Intellia und AstraZeneca. Die potenziellen Interessenkonflikte stehen in keinem Zusammenhang mit dem Inhalt des vorliegenden Konsensuspapiers. K. Pilarczyk erhielt gelegentlich Honorare für Vortragstätigkeiten und Unterstützungen für Fortbildungsveranstaltungen von AstraZeneca, Cytosorber, TSC Life und Abiomed. Die Interessenkonflikte stehen in keinem Zusammenhang mit dem vorliegenden Konsensuspapier. S. Wolfrum ist Sprecher der Sektion Akut- und Notfallmedizin der Deutschen Gesellschaft für Internistische Intensivmedizin und Notfallmedizin; er erhielt Zuschüsse vom Land Schleswig-Holstein (Forschungsvorhaben Künstliche Intelligenz) sowie für Beratungshonorare von Zoll (Advisory Board); AstraZeneca (Advisory Board); er erhielt gelegentlich Honorare für Vorträge, Prä-

sentationen, Referentenbüros, Manuskripterstellung oder Bildungsveranstaltungen von Zoll (honoraria for lectures), B&D (honoraria for lectures), AstraZeneca (Sponsor Lübecker Notfalltag). Die Interessenkonflikte stehen in keinem Zusammenhang mit dem vorliegenden Konsensuspapier. A. Helfen war zum Zeitpunkt der Beauftragung durch die klinische Kommission Sprecher des Arbeitskreises kardiovaskulärer Ultraschall der DGK (AG 05) und ist Past-Sprecher zum Zeitpunkt der Publikation. A. Helfen erhielt in den letzten 5 Jahren Honorare für Vorträge und Workshops von Bracco Imaging Deutschland. Die potenziellen Interessenkonflikte stehen in keinem Zusammenhang mit dem Inhalt des vorliegenden Konsensuspapiers. H.-J. Busch und K. Fink haben keine Interessenkonflikte.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien. Für Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb des Manuskripts, über die Patient/-innen zu identifizieren sind, liegt von ihnen und/oder ihren gesetzlichen Vertretern/Vertreterinnen eine schriftliche Einwilligung vor.

## Literatur

1. Bernhard M, Kumle B, Dodt C et al (2022) Care of critically ill nontrauma patients in the resuscitation room. *Notf Rett Med* 25(1):1–14
2. Brod T, Bernhard M, Blaschke S et al (2024) Empfehlungen der DGINA und DIVI zur Struktur und Ausstattung von Notaufnahmen 2024. *Notfall Rettungsmed* 27(3):S223–S240
3. Teran F, Prats MI, Nelson BP et al (2020) Focused Transesophageal Echocardiography During Cardiac Arrest Resuscitation: JACC Review Topic of the Week. *J Am Coll Cardiol* 76(6):745–754
4. American College of Emergency Physicians (2023) Use of Transesophageal Echocardiography (TEE) in the ED for Shock, Cardiac Arrest, and Procedural Guidance. <https://www.acep.org/patient-care/policy-statements/use-of-transesophageal-echocardiography-tee-in-the-ed-for-shock-cardiac-arrest-and-procedural-guidance>. Zugriffen: 13. Jan. 2025
5. Efrimescu CI, Moorthy A, Griffin M (2023) Rescue Transesophageal Echocardiography: A Narrative Review of Current Knowledge and Practice. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 37(4):584–600
6. Arntfield R, Pace J, Hewak M, Thompson D (2016) Focused Transesophageal Echocardiography by Emergency Physicians is Feasible and Clinically Influential: Observational Results from a Novel Ultrasound Program. *J Emerg Med* 50(2):286–294
7. Flachskampf FA, Badano L, Daniel WG et al (2010) Recommendations for transoesophageal echocardiography: update 2010. *Eur J Echocardiogr* 11(7):S57–S76
8. Kirkpatrick JN, Grimm R, Johri AM et al (2020) Recommendations for Echocardiography Laboratories Participating in Cardiac Point of Care Cardiac Ultrasound (POCUS) and Critical Care Echocardiography Training: Report from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 33(4):409–422
9. - (2017) Guidelines for the Use of Transesophageal Echocardiography (TEE) in the ED for Cardiac Arrest. *Ann Emerg Med* 70(3):442–445
10. Rosseel T, Van Puyvelde T, Voigt JU et al (2022) How to perform focused transoesophageal echocardiography during extracorporeal cardiopulmonary

- resuscitation? Eur Heart J Cardiovasc Imaging 24(1):12–14
11. Busch HJ, Wolfrum S, Michels G et al (2024) Clinical acute and emergency medicine curriculum-focus on internal medicine : Recommendations for advanced training in internal medicine in the emergency department. Med Klin Intensivmed Notfmed 119(1):1–50
  12. Werdan K, Baldus S, Bauersachs J et al (2020) Curriculum Kardiologie. Kardiologie 14:505–536
  13. Teran F, Owyang CG, Wray TC et al (2024) Development and Implementation of a Multicenter Registry for Resuscitation-Focused Transesophageal Echocardiography. Ann Emerg Med (S0196-0644(24)00448-7)
  14. Michels G, Zinke H, Möckel M et al (2017) Recommendations for education in ultrasound in medical intensive care and emergency medicine: position paper of DGIIN, DEGUM and DGK. Med Klin Intensivmed Notfmed 112(4):314–319
  15. Hilberath JN, Oakes DA, Shernan SK et al (2010) Safety of transesophageal echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 23(11):1115–1127
  16. Zhang L, Xie Y, Ren Z, Xie M (2024) Transesophageal echocardiography related complications. Front Cardiovasc Med 11:1410594
  17. Teran F, Owyang CG, Wray TC et al (2024) Development and Implementation of a Multicenter Registry for Resuscitation-Focused Transesophageal Echocardiography. Ann Emerg Med (S0196-0644(24)00448-7)
  18. Delgado V, Ajmone Marsan N, de Waha S et al (2023) 2023 ESC Guidelines for the management of endocarditis. Eur Heart J 44(39):3948–4042
  19. Dziegielewska J, Schulte FC, Jung C et al (2023) Resuscitation room management of patients with non-traumatic critical illness in the emergency department (OBSERV-E-DUS-study). BMC Emerg Med 23(1):43
  20. Özkan T, Lindner T, Möckel M (2021) The conservative emergency room—care of acutely critically ill non-trauma patients. Dtsch Med Wochenschr 146(10):647–656
  21. Lin J, Rosario J, Saltarelli N (2024) Resuscitative Ultrasound and Protocols. Emerg Med Clin North Am 42(4):947–966
  22. Freund Y, Khoury A, Möckel M et al (2019) European Society of Emergency Medicine position paper on the 1-hour sepsis bundle of the Surviving Sepsis Campaign: expression of concern. Eur J Emerg Med 26(4):232–233
  23. Stöbe S, Metze M, Spies C, Hagendorff A (2019) Transesophageal echocardiography in emergency and intensive care medicine : Indication and implementation. Med Klin Intensivmed Notfmed 114(6):490–498
  24. Donal E, Lip GY, Galderisi M et al (2016) EACVI/EHRA expert consensus document on the role of multimodality imaging for the evaluation of patients with atrial fibrillation. Eur Heart J Cardiovasc Imaging 17:355–383
  25. Alkharabsheh S, Hussain M, Gutierrez O et al (2020) Safety of Electrical Cardioversion in Patients with Left Ventricular Thrombus. J Cardiac Fail 26(10):S77
  26. Van Gelder, Rienstra M, Bunting KV et al (2024) 2024 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). Eur Heart J. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae176>
  27. Brandt RR, Stöbe S, Ewers A et al (2023) Echokardiographie in der Rhythmologie. Herzschr Elektrophys 34:256–264

## Consensus paper on focused transesophageal echocardiography (fTEE) in clinical acute and emergency medicine. From the Commission for Clinical Cardiovascular Medicine of the DGK in cooperation with the DGINA, DGIIN and DGIM

In addition to intensive care medicine, focused transesophageal echocardiography (fTEE) is increasingly being used in emergency departments. fTEE should only be performed as part of advanced cardiopulmonary resuscitation or in cases of unclear shock if a particular issue cannot be clarified using focused transthoracic echocardiography (cardiac point-of-care ultrasound [cPOCUS]). The conditions, indications and performance of fTEE are summarized in this consensus paper in terms of quality management in echocardiography in clinical acute and emergency medicine.

### Keywords

Emergency medicine · Cardiac imaging · Complications · Cardiogenic shock · Resuscitation

28. Hagendorff A, Stöbe S, Helfen A et al (2024) Echocardiographic assessment of left atrial appendage morphology and function—an expert proposal by the German Working Group of Cardiovascular Ultrasound. Clin Res Cardiol. <https://doi.org/10.1007/s00392-024-02492-5>
29. Pilarczyk K, Michels G, Wolfrum S, Trummer G, Haake N (2022) Extrakorporale kardiopulmonale Reanimation (eCPR) (Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR)). Med Klin Intensivmed Notfmed 117(7):500–509
30. Giorgetti R, Chiricolo G, Melniker L, Calaf C, Gaeta T (2020) RESCUE transesophageal echocardiography for monitoring of mechanical chest compressions and guidance for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation cannulation in refractory cardiac arrest. J Clin Ultrasound 48(3):184–187
31. Edmiston T, Sangalli F, Soliman-Aboumarie H et al (2024) Transoesophageal echocardiography in cardiac arrest: From the emergency department to the intensive care unit. Resuscitation 203:110372
32. Teran F, Dean AJ, Centeno C et al (2019) Evaluation of out-of-hospital cardiac arrest using transesophageal echocardiography in the emergency department. Resuscitation 137:140–147
33. Giorgetti R, Chiricolo G, Melniker L, Calaf C, Gaeta T (2020) RESCUE transesophageal echocardiography for monitoring of mechanical chest compressions and guidance for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation cannulation in refractory cardiac arrest. J Clin Ultrasound 48(3):184–187
34. Ezad SM, Ryan M, Donker DW et al (2023) Unloading the Left Ventricle in Venoarterial ECMO: In Whom, When, and How? Circulation 147(16):1237–1250
35. Douflé G, Dragoi L, Morales Castro D et al (2024) Head-to-toe bedside ultrasound for adult patients on extracorporeal membrane oxygenation. Intensive Care Med 50(5):632–645
36. Kuckelman J, Coffey P, Sharkawi M et al (2024) ECPella: Beyond a Left Ventricular Venting Strategy When to Unload the Left Ventricle and How to Decide. ASAIO J 70(7):e89–e91

**Hinweis des Verlags.** Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.



## Sotatercept (Winrevair®)

Erster Aktivin-Signalweg-Inhibitor bei pulmonaler arterieller Hypertonie

**Der Aktivin-Signalweg-Inhibitor Sotatercept (Winrevair®) von MSD Sharp & Dohme ist ein First-in-Class-Wirkstoff zur Behandlung der pulmonalen arteriellen Hypertonie (PAH), mit dem das Fortschreiten der Erkrankung verlangsamt und die körperliche Leistungsfähigkeit der Betroffenen verbessert werden kann.**

Die PAH ist eine seltene, progressiv verlaufende und potenziell lebensbedrohliche Erkrankung. Zentrales Merkmal ist eine chronische Erhöhung des pulmonalen Mitteldrucks, die sich meist aufgrund einer pulmonalen Vaskulopathie entwickelt.

Nach wie vor ist die PAH nicht heilbar. Im Median überleben Betroffene fünf bis sieben Jahre nach der Diagnosestellung. Dies unterstreicht den Bedarf an neuen Behandlungsoptionen, die auf alternative, am PAH-typischen pulmonalen Gefäßumbau beteiligte Signalwege abzielen. In den Fokus rückt die Bedeutung einer veränderten Signaltransduktion durch Mitglieder der TGF- $\beta$  (Transforming Growth Factor  $\beta$ )-Superfamilie, darunter der Aktivin-Rezeptor Typ IIA (ActRIIA) und die ActRIIA-Liganden Aktivin A und B.

### Modulation der Gefäßproliferation

Sotatercept (Winrevair®) ist der erste und bisher einzige zugelassene Aktivin-Signalweg-Inhibitor bei PAH. Er ist seit September 2024 in Deutschland verfügbar und besteht aus einem rekombinanten, homodimeren Fusionsprotein, das sich aus der Fc-Domäne des humanen Immunglobulins G1 und der extrazellulären Domäne des humanen Aktivin-Rezeptor Typ IIA (ActRIIA) zusammensetzt.

Es wirkt als Ligandenfalle für ausgewählte Mitglieder der TGF- $\beta$ -Superfamilie. Ziel der Hemmung der Liganden ist die Wiederherstellung der pulmonalvaskulären Homöostase bezüglich wachstumshemmender und proapoptotischer Signale.

### Zulassungsstudie STELLAR

In der globalen, doppelblinden, placebo-kontrollierten Phase-III-Studie erhielten 323 Personen mit PAH entweder Sotatercept subkutan (n=163) oder Placebo (n=160), jeweils zusätzlich zu einer stabilen Hintergrundtherapie über 24 Wochen [Hoeper MM et al., N Engl J Med 2023, 388:1478–1490]. Die meisten Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden bereits intensiv behandelt. Dennoch litt mehr als die Hälfte unter deutlichen Symptomen.

Primärer Endpunkt war die Veränderung der im 6-Minuten-Gehtest zurückgelegten Strecke in Woche 24 versus Ausgangswert. Sotatercept verbesserte die zurückgelegte Strecke signifikant.

Der untersuchte sekundäre Endpunkt war die Zeit bis zum Tod oder bis zum Auftreten eines nicht tödlichen klinischen Verschlechterungsereignisses. Diesbezüglich konnte unter Sotatercept eine Risikoreduktion um 84% gezeigt werden.

Schwerwiegende unerwünschte Ereignisse wurden bei 14,1% der Behandelten im Sotatercept-Arm und bei 22,5% im Placebo-Arm registriert. Schwerwiegende, therapie-assoziierte Nebenwirkungen waren in beiden Gruppen mit 1,2% gleich selten.

**Mit dem Galenus-von-Pergamon-Preis, gestiftet von der Springer Medizin Verlag GmbH, werden seit 1985 jedes Jahr herausragende Arzneimittelinnovationen in Deutschland ausgezeichnet. Die Preisverleihung findet im Oktober im Rahmen eines Festaktes in Berlin statt.**

[www.galenus-von-pergamon.de](http://www.galenus-von-pergamon.de)