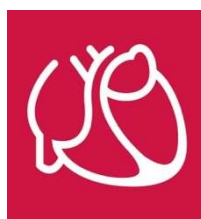


publiziert bei:	 AWMF online Das Portal der wissenschaftlichen Medizin		
AWMF-Register Nr.	085-004	Klasse:	S2k



DGK.
Deutsche Gesellschaft für Kardiologie
– Herz- und Kreislaufforschung e.V.

AWMF S2k LL 085-004

Transthorakale Echokardiographie

Version 1.0

Gültig vom 1.9.2025 bis 31.8.2030

bitte wie folgt zitieren:

Knierim J, ten Freyhaus H, Magunia H, Kruck S, Goepfert M, Smetak N, von Kaisenberg C, Morbach C, Ewen S, Flachskampf FA. Transthorakale Echokardiographie.

Verfügbar unter: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/085-004>

DEGUM Leitlinieninitiative



Herausgebende federführende Fachgesellschaft (paritätisch):

Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e.V. (DEGUM) ([anmeldend](#), [federführend](#))
 Charlottenstraße 79/80
 10117 Berlin
 fon: ++49 30 2060 8888-0
 fax: ++49 30 2060 8888-90
 e-mail: geschaeftsstelle@degum.de
www.degum.de

Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufmedizin e.V. (DGK)
 Grafenberger Allee 100
 40237 Düsseldorf
 fon: ++49 211 600692-0
 fax: ++49 211 600692-10
 e-mail: info@dgk.org
www.dgk.org

Beteiligte Fachgesellschaften

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)
 Neuwieder Straße 9
 90411 Nürnberg
 fon: ++49 911 933780
 e-mail: dgai@dgai-ev.de
www.dgai.de

Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin e.V. (DGIM)
 Irenenstraße 1
 65189 Wiesbaden
 fon.: ++49 611 - 2058040-0
 fax: ++49 611 - 2058040-46
 e-mail: info@dgim.de
www.dgim.de

Berufsverband Deutscher Internistinnen und Internisten e.V. (BDI)
 Schöne Aussicht 5
 65193 Wiesbaden
 fon: ++49 611 18133-0
 fax: ++49 611 18133-15
 e-mail: info@bdi.de
www.bdi.de

Bundesverband Niedergelassener Kardiologen e.V. (BNK)
 Brabanter Straße 4
 80805 München
 fon: ++49 89 3235 774-0
 fax: ++49 89 3235 774-15
 e-mail: info@bnk.de
www.bnk.de

Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick

6.1	Empfehlung	Stand 2025
Tabelle 2 der Leitlinie gibt die Videos und Standbilder an, die mindestens bei einer vollständigen Untersuchung eines Normalbefundes aufgenommen werden sollten. Der Datensatz soll bei Vorliegen spezifischer Pathologien erweitert werden. Diese Empfehlungen gelten nicht für den fokussierten kardialen Ultraschall (s.u.)		
Konsensstärke: 8/8 (100%) starker Konsens		

9.2	Empfehlung	Stand 2025
Die fokussierte Ultraschalluntersuchung des Herzens, sollte folgende Schnittebenen einschließen (Abbildung 34 der Leitlinie): • Subkostale lange Achse • Subkostaler Blick auf die Vena cava inferior • Parasternale lange Achse • Parasternale kurze Achse, in der mittlapillären Ebene • Apikaler Vierkammerblick		
Konsensstärke: 8/8 (100%) starker Konsens		

9.5	Empfehlung	Stand 2025
Die fokussierte kardiale Ultraschalluntersuchung ersetzt nicht die umfassende Echokardiographie. Wenn der Verdacht auf eine kardiale Erkrankung besteht, soll im Verlauf eine umfassende Echokardiographie erfolgen. Die umfassende Echokardiographie soll im Untersuchungsbefund des fokussierten kardialen Ultraschall empfohlen werden.		
Konsensstärke: 8/8 (100%) starker Konsens		

Inhaltsverzeichnis

Herausgebende federführende Fachgesellschaft (paritätisch):	3
Beteiligte Fachgesellschaften	3
Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick	4
Inhaltsverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	7
1. Vorbereitung der Untersuchung und Schallfenster	9
1.1 Untersuchungsraum	9
1.2 Patientenidentifikation	9
1.3 Hygiene	9
1.4 Lagerung	9
1.5 Position der bzw. des Untersuchenden	10
1.6 EKG-Ableitung	10
1.7 Ultraschallfenster	11
2. Geräteeinstellung	12
2.1 2D-Bild	12
2.2 Orientierung	13
2.3 Frequenz der Ultraschallwellen	13
2.4 Harmonische Bildgebung	13
2.5 Verstärkung („Gain“) und „Time Gain Compensation“	13
2.6 Graustufen und „Dynamic Range“	14
2.7 Eindringtiefe und Sektorbreite, Zoomfunktion	14
2.8 Fokus	15
2.9 Bildrate	15
2.10 M-Mode	15
2.11 Spektraldoppler	16
2.12 Farbdoppler	16
2.13 Gewebedoppler	17
2.14 2D – Strain	17
3. Aufnahme von Bildern/Videos und Datenspeicherung	19
4. Mögliche Bilder und Videos	20
4.1 Parasternale lange Achse (PLAX)	20
4.2 Parasternale kurze Achse (PSAX)	21
4.3 Apikale Anlotung	23
4.4 Apikaler Vierkammerblick (AP4)	24
4.5 Apikaler Fünfkammerblick (AP5)	25
4.6 Apikaler Zweikammerblick (AP2)	25
4.7 Apikaler Dreikammerblick (AP3) / Apikaler Langachsenschnitt	26
4.8 Subkostaler Vierkammerblick	26
4.9 Subkostaler Blick auf die Vena cava inferior	27
5. Linksventrikuläre Segmente	28
6. Minimaler Datenumfang	28
7. Empfehlungen zur Durchführung von Messungen	32
7.1 Zweidimensionales Bild und M-Mode	34
7.1.1 Messungen in der parasternalen langen Achse (PLAX)	34
7.1.2 Messungen in der Parasternalen kurzen Achse (PSAX)	38
7.1.3 Messungen im Vierkammerblick und Zweikammerblick	38
7.1.4 Messungen im rechtsventrikulär fokussierten Vierkammerblick	40
7.2 Spektraldoppler-Messungen	42
7.2.1 Messungen in der parasternalen kurzen Achse (PSAX)	42
7.2.2 Messungen im Vierkammerblick	43
7.2.3 Messungen im rechtsventrikulär fokussierten Vierkammerblick	44
7.2.4 Messungen im Fünfkammerblick oder der apikalen langen Achse	45
7.3 Messungen im Farbdopplermodus	46

8.	Befunddokumentation und Befundschreibung	48
9.	Fokussierte kardiale Ultraschalluntersuchung	49
	9.1 Ablauf der fokussierten kardialen Ultraschalluntersuchung	49
	9.2 Geräteeinstellungen	51
	9.3 Die wichtigsten Fragestellungen	51
	9.4 Vorgehen bei eingeschränkter Bildqualität	53
	9.5 Messungen	54
10.	Information und Kommunikation mit Patientinnen und Patienten	55
11.	Geltungsbereich und Zweck	56
	11.1 Zielsetzung und Fragestellung	56
	11.2 Versorgungsbereich	56
	11.3 Patientenzielgruppe	57
	11.4 Anwenderzielgruppe	57
	11.5 Dokumente zu dieser Leitlinie	57
12.	Wichtige Forschungsfragen	57
13.	Zusammensetzung der Leitliniengruppe	57
	13.1 Leitlinienkoordinator und Ansprechpartner	57
	13.2 Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen	58
	13.3 Beteiligung von Patientinnen und Patienten	58
	13.4 Methodische Begleitung	58
14.	Informationen zu dieser Leitlinie	58
	14.1 Methodische Grundlagen	58
	14.2 Verwendung von existierenden Leitlinien und Literaturrecherche	59
	14.3 Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensusstärke	59
15	Redaktionelle Unabhängigkeit	60
	15.1 Finanzierung der Leitlinie	60
	15.2 Darlegung von Interessen und Umgang mit Interessenskonflikten	60
16	Externe Begutachtung und Verabschiedung	60
17	Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren	60
18	Verzeichnisse	62
	18.1 Verzeichnis der Interessenkonflikte	62
	18.2 Abbildungsverzeichnis	66
	18.3 Verzeichnis der Empfehlungen	66
	18.4 Tabellenverzeichnis	67
19	Literatur	68
20	Appendix	72

Abkürzungsverzeichnis

2D	Zweidimensional
3D	Dreidimensional
AK	Aortenklappe
AO	Aorta
AP2	Apikaler 2 Kammerblick
AP3	Apikaler 3 Kammerblick = Apikale lange Achse
AP4	Apikaler 4 Kammerblick
AP5	Apikaler 5 Kammerblick
ASE	American Society of Echocardiography
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
BDI	Berufsverband Deutscher Internistinnen und Internisten e.V.
BNK	Bundesverband Niedergelassener Kardiologen e.V.
CT	Computertomographie
CW Doppler	Continuous-Wave-Doppler
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e.V.
DGAI	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin
DGIM	Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin e.V.
DGK	Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufmedizin e.V.
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
EACVI	European Association of Cardiovascular Imaging
EF	Ejektionsfraktion
EKG	Elektrokardiogramm
EROA	Effective Regurgitant Orifice Area
FAC	Fractional Area Change
FAST	Focused Assessment with Ultrasound for Trauma
FoCUS	Focus Cardiac Ultrasound
FPS	Frames Per Second (Bildrate)
GLS	Globaler Longitudinaler Strain
IL	Inferolaterale Wand
IVS	Interventrikuläres Septum
KI	Künstliche Intelligenz
LA	Linkes Atrium
LAVI	Linksatrialer Volumenindex
LV	Linker Ventrikel
LVEDD	Linksventrikulärer Enddiastolischer Diameter
LVEDV	Linksventrikuläres Enddiastolisches Volumen
LVEDS	Linksventrikulärer Endsystolischer Diameter
LVESV	Linksventrikuläres Endsystolisches Volumen
LVOT	Linksventrikulärer Ausflusstrakt
PACS	Picture Archiving and Communication System
PISA	Proximal Isovelocity Surface Area
PLAX	Parasternale Lange Achse
PSAX	Parasternale Kurze Achse
PW Doppler	Pulsed Wave Doppler
RKI	Robert Koch Institut
RV	Rechter Ventrikel
RVD1	Basal Diameter des rechten Ventrikels
RVOT	Rechtsventrikulärer Ausflusstrakt

RVOT prox	Proximaler Rechtsventrikulärer Ausflusstrakt
SAM	Systolic Anterior Movement
STJ	Sinotubulärer Übergang
SV	Schlagvolumen
SV_tot	Totales Schlagvolumen
TAPSE	Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion
TEE	Transösophageale Echokardiographie
TR-Vmax	Maximale Geschwindigkeit des Trikuspidalinsuffizienzjets
TTE	Transthorakale Echokardiographie
VC	Vena Contracta
VCI	Vena cava inferior
VTI	Geschwindigkeitszeitintegral
ZVD	Zentraler Venendruck

1. Vorbereitung der Untersuchung und Schallfenster

1.1 Untersuchungsraum

Die Echokardiographie sollte in einem ruhigen, wohltemperierten und teilweise abgedunkelten Raum durchgeführt werden. Optimal ist ein separates Zimmer oder eine Kabine zum Entkleiden und Ankleiden der Patientin bzw. des Patienten. Während der Untersuchung sollte häufiges Betreten und Verlassen des Raumes vermieden werden. Während der Wartezeiten sollte den Patientinnen bzw. den Patienten die Möglichkeit gegeben werden, den entblößten Oberkörper zu bedecken.

1.2 Patientenidentifikation

Vor Beginn der Untersuchung muss bei der Patientin bzw. des Patienten die Identität überprüft werden. Name, Geburtsdatum und Patientenidentifikationsnummer sollten vor der Untersuchung in das Gerät übertragen bzw. im Gerät eingegeben werden. Zudem sollte jeweils die Größe und das Gewicht erfasst werden, da einige der erhobenen Messungen und Parameter auf die Körperoberfläche indexiert sind. Es ist ebenfalls optimal, den Blutdruck vor oder direkt nach der Untersuchung zu messen und zu dokumentieren, da unter anderem Herzklappenvitien und Funktionsanalysen des linken Ventrikels nachlastabhängig sind.

1.3 Hygiene

An einem echokardiographischen Arbeitsplatz werden täglich viele Patientinnen und Patienten untersucht. Üblicherweise kommt dabei eine einzelne Patientenliege und ein einzelnes Echokardiographiegerät zum Einsatz. Schallkopf, EKG-Kabel und Patientenliege kommen mit der Haut der untersuchten und der untersuchenden Person in direkten Kontakt. Diese Konstellation birgt das Risiko einer Übertragung von Erregern. Zudem besteht die Möglichkeit der Kontamination von Oberflächen, die anschließend von anderen Patientinnen und Patienten berührt werden. Im ungünstigsten Fall kann ein echokardiographischer Arbeitsplatz so zur Verbreitung von Erregern im gesamten Krankenhaus beitragen. Gleiches gilt für die ambulante Versorgung in der Praxis.

Es ist deshalb dringend angeraten, die geltenden Hygienevorschriften sowohl im Krankenhaus als auch in der Praxis strikt zu beachten. Entsprechende Empfehlungen werden gemäß § 23 Abs. 1 des Infektionsschutzgesetzes (IfSG) von der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) erstellt und vom Robert Koch-Institut veröffentlicht [1]. Im Rahmen dieser Leitlinie sind insbesondere die Empfehlungen zu den Themen Händehygiene, Aufbereitung von Medizinprodukten sowie Reinigung und Desinfektion von Flächen zu berücksichtigen [2, 3].

1.4 Lagerung

1.1	Empfehlung	Stand 2025
	Wenn es die klinische Situation ermöglicht, soll die Echokardiographie in Linksseitenlage begonnen werden.	
	Konsensstärke: 7/7 (100%) starker Konsens	

Die Untersuchung der Patientin bzw. des Patienten sollte in Linksseitenlage begonnen werden. In dieser Lage ist eine möglichst optimale Bildqualität zu erreichen. Zudem sollte der linke Arm nach kopfwärts gelagert werden, um eine Spreizung der Rippen und damit ein breiteres Schallfenster zu ermöglichen [4, 5]. Nachdem die parasternale Untersuchung abgeschlossen ist, sollte die Patientin bzw. der Patient partiell in Rückenlage gekippt werden. In ca. 30-45 Grad gekippter Position erfolgt die apikale Untersuchung des Herzens. In Rückenlage wird dann die suprasternale und subkostale Untersuchung angeschlossen.

In speziellen Fällen, z.B. beim beatmeten Patientinnen und Patienten oder unmittelbar nach einem interventionellen/operativen Eingriff ist die Untersuchung teilweise nur in Rückenlage möglich. Aber auch in diesen Situationen lässt sich durch eine partielle Seitlagerung, z.B. 30° durch ein untergelegtes Kissen häufig eine bessere Bildqualität erzielen.

1.5 Position der bzw. des Untersuchenden

Die echokardiographische Untersuchung kann sowohl mit der linken als auch mit der rechten Hand durchgeführt werden. Der Untersucher bzw. die Untersucherin sitzt dabei entweder vor („Linksschaller“) oder hinter der Patientin bzw. dem Patienten („Rechtsschaller“). Beide Positionen haben Vor- und Nachteile, weshalb keine allgemeine Empfehlung für die eine oder andere Position gegeben werden kann. Mit der rechten Hand können Rechtshänderinnen und Rechtshänder den Schallkopf in der Regel besser kontrollieren und den Druck auf dem Thorax länger halten. Auf der anderen Seite kann eine Diskrepanz zwischen Armlänge der Untersucherin/des Untersuchers und dem Körperumfang z.B. adipöser Patientinnen und Patienten problematisch sein, da das optimale Schallfenster nicht erreicht wird. Hier sollte nach Möglichkeit auf die „Linksschaller“-Position gewechselt werden. Wenn eine langjährige Tätigkeit im Echokardiographielabor angestrebt wird, ist es ratsam, beide Positionen zu erlernen. So können spezifische Anforderungen besser berücksichtigt und ein gesundheitlich vorteilhafter, regelmäßiger Haltungswechsel ermöglicht werden.

1.6 EKG-Ableitung

1.2	Empfehlung	Stand 2025
Bei jeder Echokardiographie soll ein 3-Kanal-EKG angelegt werden.		
Konsensstärke: 7/7 (100%) starker Konsens		

Ein 3-Kanal-EKG soll bei allen echokardiographischen Untersuchungen angelegt werden [4, 6]. Die Ableitungen (I, II oder III) lassen sich am Gerät wechseln. Ein suffizientes EKG-Signal ist für eine optimale Videoaufzeichnung notwendig und erleichtert neben der Dokumentation der Herzfrequenz und -rhythmus die zeitliche Zuordnung im Herzzyklus. Einige relevante Analysen (z.B. die Strain-Echokardiographie) sind nur mit suffizienter EKG-Aufzeichnung möglich. Die EKG-Elektroden sollten die echokardiographische Anlotung nicht behindern. **Abbildung 1** zeigt mögliche Elektrodenpositionen.

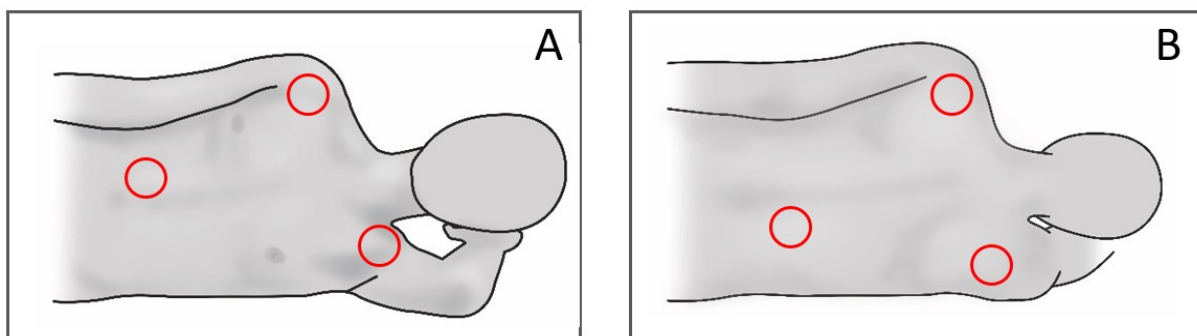


Abbildung 1: Mögliche Elektrodenpositionen (Klebelektroden) für Echokardiographie. Die Elektroden können ventral (A) oder dorsal (B) angebracht werden. Die Schallfenster (s. Abbildung 2) sollten nicht mit Elektroden beklebt werden.

1.7 Ultraschallfenster

1.3	Empfehlung	Stand 2025
Die Echokardiographie sollte mindestens das linksparasternale, das apikale und das subkostale Schallfenster einschließen.		
Für spezielle Fragestellungen sollten weitere Schallfenster verwendet werden.		
Konsensstärke: 7/7 (100%) starker Konsens		

Das Herz ist teilweise retrosternal gelegen, während andere Anteile des Herzens durch Rippen- und Lungengewebe verdeckt sind. Weder der sternale Knochen noch luftgefüllte Lungenanteile lassen ausreichend Ultraschallpenetration zu, um eine klare Darstellung des Herzens zu ermöglichen. Aufgrund dieser anatomischen Einschränkungen ist die Herzdarstellung nur durch spezifische "Fenster" möglich. Zu diesen gehören das suprasternale, linksparasternale, rechtsparasternale, apikale und subkostale Fenster (siehe **Abbildung 2**).

Die Nutzung bestimmter Fenster zur Herzdarstellung ist nur bei spezifischen Fragestellungen erforderlich, während andere Fenster bei jeder Untersuchung benötigt werden (siehe Tabelle 1). Insbesondere das parasternale und das apikale Schallfenster bieten einen exzellenten Überblick über die Vielzahl der kardialen Strukturen und lassen sich bei der überwiegenden Zahl der Untersuchungen erfolgreich einstellen.

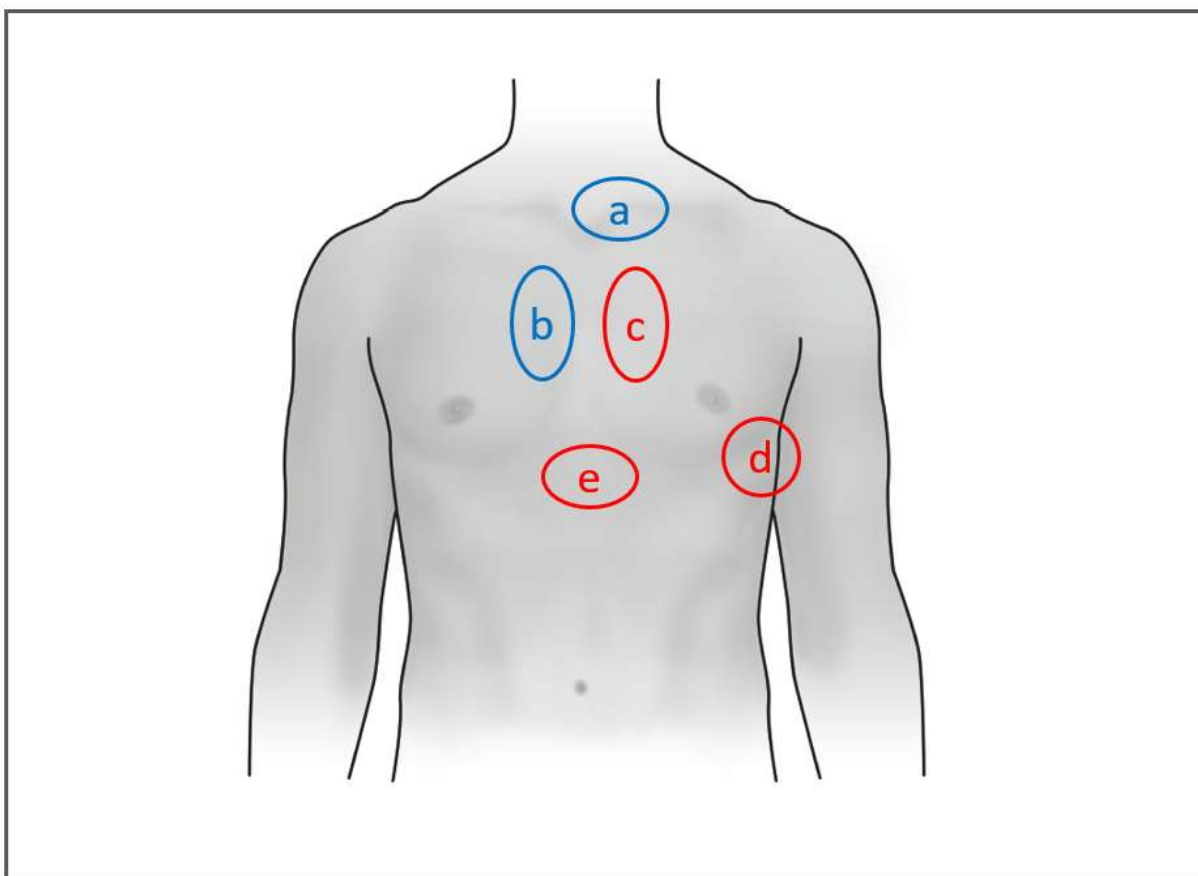


Abbildung 2: Echokardiographische Schallfenster. (a) Suprasternal; (b) Rechts Parasternal; (c) Links Parasternal; (d) Apikal; (e) Subkostal. Die rot markierten Schallfenster sollten bei jeder Routineuntersuchung genutzt werden.

Tabelle 1. Echokardiographische Schallfenster	
Schallfenster	Besonders geeignet für
Suprasternal	Beurteilung Aortenbogen, Aorta descendens, Quantifizierung der Aortenklappeninsuffizienz
Links Parasternal	Standardschallfenster. Beurteilung Rechter und Linker Ventrikel, Herzklappen. Besonders geeignet zur Messung von Diameter und Wanddicke des linken Ventrikels
Rechts Parasternal	Beurteilung der Aorta ascendens, Messung Gradienten über der Aortenklappe (Aortenklappenstenose).
Apikal	Standardschallfenster. Beurteilung Rechter- und Linker Ventrikel, Herzklappen. Besonders geeignet für die orthograde Anlotung von Flüssen über den AV-Klappen und der Aortenklappe. Geeignet für die Planimetrie und Volumetrie des linken Ventrikels.
Subkostal	Standardschallfenster. Beurteilung Rechter und Linker Ventrikel, Herzklappen. Besonders geeignet für die Darstellung von Perikardergüssen und Vorhof- und Ventrikelseptumdefekten.

2. Geräteeinstellung

Im Folgenden werden einige Empfehlungen für die technischen Grundeinstellungen des Ultraschallgerätes gegeben. Diese basieren auf den physikalischen Grundlagen des Ultraschalls und dienen der Optimierung der Bildqualität und der Minimierung von methodisch bedingter Messvariabilität bzw. Messfehlern. Für eine eingehende Erörterung der Grundlagen wird auf die Literatur verwiesen [4, 7–11]. Details sind je nach Hersteller unterschiedlich und ändern sich auch mit der technischen Entwicklung. Es empfiehlt sich, bei entsprechenden Fragen den technischen Kundendienst des Herstellers zu Rate zu ziehen.

2.1 2D-Bild

2.1	Empfehlung	Stand 2025
	Innerhalb einer Praxis / Klinik / Abteilung sollte für die Echokardiographie auf allen Geräten eines Herstellers eine einheitliche Grundeinstellung (kardiales Preset) verwendet werden. Dies sollte mindestens einschließen: • 2D-Gain • Dynamic Range • Farbdoppler-Gain • Nyquist-Grenze.	
	Konsensstärke: 7/7 (100%) starker Konsens	

Die Geräteeinstellung sollte zumindest visuell bei Beginn jeder Untersuchung überprüft und angepasst werden. Dabei ist von Vorteil, bestimmte Grundeinstellungen (Preset) einheitlich in einer Praxis/Klinik/Abteilung zu handhaben. Eine solche Vereinheitlichung erleichtert die Vergleichbarkeit von Befunden. Die Einstellung dieser Presets erfolgt am besten mit einer technisch versierten Vertreterin bzw. einem technisch versierten Vertreter des Herstellers. Für bestimmte Untersuchungen, z.B. Kontrastuntersuchungen, wird oft bereits von der Industrie eine gesonderte Voreinstellung angeboten (z.B. niedriger Mechanical Index, Fokus möglichst tief im Sektor u.a.). Dies ist an die physikalischen und pathophysiologischen Besonderheiten der jeweiligen Untersuchung angepasst und sollte genutzt werden.

2.2 Orientierung

Echokardiographische Sektorbilder sind vertikal so ausgerichtet, dass die Spitze des Sektors im Bild nach oben zeigt. Damit werden schallkopfnahе Strukturen weiter oben und schallkopfferne Strukturen weiter unten im Bild dargestellt. Rechts neben der Sektorspitze befindet sich eine Bildmarkierung, i.d.R. ein Logo des Herstellers. Diese Markierung entspricht der physischen Seitenmarkierung des Schallkopfs, meist eine kleine Vertiefung (Rille). Für die echokardiographischen Standardschnitte gelten verbindliche Konventionen zur Position der Schallkopfmarkierung:

- bei links-parasternalen Längsachsenschnitten zeigt die Schallkopfmarkierung zum Sternum; im Bild (mit Markierung rechts der Sektorspitze) liegen nach links apikale Strukturen, nach rechts basale/superiore Strukturen;
- beim apikalen Vierkammerblick zeigt die Schallkopfmarkierung nach lateral; im Bild (mit Markierung rechts der Sektorspitze) liegt der linke Ventrikel rechts und der rechte Ventrikel links.
- bei der subkostalen Anlotung (subkostaler Vierkammerblick) zeigt die Markierung nach links-lateral.

Diese Konventionen dienen der Orientierung der bzw. des Betrachtenden, was v.a. bei einer Lageanomalie des Herzens, etwa einem Situs inversus, wichtig ist.

2.3 Frequenz der Ultraschallwellen

Die Wahl der Grundfrequenz des Schallgebers stellt einen Kompromiss zwischen Eindringtiefe (je tiefer die Frequenz, desto besser die Darstellung schallkopfferner Strukturen wegen der höheren Eindringtiefe) und Auflösung dar (je höher die Frequenz, desto besser die axiale räumliche Auflösung). Für die Erwachsenen-TTE liegen die optimalen Untersuchungsfrequenzen des Schallgebers meist zwischen 2 und 3,5 MHz, für Kinder auch höher. Moderne 2D-Schallköpfe operieren mit einem Frequenzspektrum („broadband“) in diesem Bereich. Hierbei kann eventuell bei großen oder adipösen Patientinnen und Patienten eine tiefere mittlere Frequenz gewählt werden, um die Eindringtiefe zu verbessern. Für schallkopfnahе Strukturen und bei Kindern ist ein getrennter 5-MHz-Schallkopf von Vorteil [11, 12].

2.4 Harmonische Bildgebung

Moderne Echokardiographiegeräte arbeiten bei der TTE durchgehend im Harmonic Imaging-Modus, d.h. die Bilder beruhen auf reflektierten Oberschwingungen der Grundfrequenz (i.d.R. der doppelten Frequenz der Grundfrequenz), was klarere (besseres Signal-Rausch-Verhältnis) und artefaktärmere Bilder erlaubt [13]. In seltenen Fällen kann Harmonic Imaging zu einer artifiziell verdickten Darstellung dünner Strukturen wie bspw. Klappensegel, führen. Hier kann, bei sehr gutem Schallfenster, das Fundamental Imaging (Empfangen der ausgesendeten Grundfrequenz) zu einer besseren Darstellung führen [11, 12].

2.5 Verstärkung („Gain“) und „Time Gain Compensation“

Die Einstellung der Verstärkung ist Teil des Postprocessings und hebt das Helligkeitsniveau der abgebildeten Strukturen an. Bei zu schwachem „Gain“ können wenig echogebende Strukturen komplett verschwinden, z.B. Thromben. „Time Gain Compensation“ bezeichnet eine gezielte Verstärkung in einer bestimmten Sektortiefe und kann durch Schieberegler getrennt für unterschiedliche Tiefen angepasst werden. In der Regel benötigen tiefere Strukturen wegen der Abschwächung der Ultraschallenergie im Gewebe eine etwas höhere

Verstärkung als Schallkopfnahe Strukturen, was typischerweise zu einer gestuften „Time Gain Compensation“-Einstellung führt [10–12, 14]. Moderne Echokardiographiegeräte bieten oft Funktionen, die eine automatische „Time Gain Compensation“ ermöglichen. Die Bildqualität kann jedoch durch manuelle TGC teilweise noch verbessert werden.

Zu beachten ist, dass der Bildschirm des Echogerätes (und des evtl. später offline verwendeten Rechners) wie jeder Bildschirm eine eigene Verstärkung besitzt, die ebenfalls geeignet eingestellt sein muss.

2.6 Graustufen und „Dynamic Range“

Da das Amplitudenspektrum („dynamic range“) des reflektierten Ultraschalls die etwa 256 Graustufen des typischen Bildschirms bei linearer Wiedergabe weit überschreitet und überdies das Auge weniger als 256 Graustufen trennen kann, muss eine elektronische „Kompression“ der Ultraschallamplituden auf 256 oder weniger Graustufen vorgenommen werden. Die Kennkurve dieser Kompression kann manuell verändert werden. So führt eine starke Kompression (niedriger „dynamic range“) zu „harten“ Kontrasten mit Eliminierung von Zwischenstufen, während eine geringe Kompression (hoher „dynamic range“) die Zwischenstufen erhält, das Bild jedoch insgesamt kontrastarm erscheint. Die optimale Einstellung wird dabei weitgehend durch subjektive Vorliebe bestimmt. Von den Gerätefirmen werden verschiedene Graustufeneinstellungen angeboten. Es empfiehlt sich, diese nach Bedarf und subjektiver Präferenz auszuwählen und dann einheitlich und dauerhaft im Echo-Labor zu verwenden.

2.7 Eindringtiefe und Sektorbreite, Zoomfunktion

2.2	Empfehlung	Stand 2025
	Eindringtiefe und Sektorbreite des 2D-Bildes und des Farbdopplers sollten so groß gewählt werden, dass die relevanten Strukturen vollständig abgebildet werden.	
	Eindringtiefe und Sektorbreite sollten andererseits so klein wie möglich gewählt werden, um eine optimale Bildqualität bzw. örtliche und zeitliche Auflösung zu erreichen.	
	Konsensstärke: 7/7 (100%) starker Konsens	

Die optimale Eindringtiefe, d.h. bis zu welcher Tiefe das Sektorbild Strukturen anzeigt, wird durch die untersuchten Strukturen und das Schallfenster bestimmt. Alle relevanten Strukturen müssen komplett abgebildet werden. Parasternal liegt die notwendige Eindringtiefe beim Erwachsenen bei etwa 10-12 cm, apikal bei etwa 12-16 cm. Andererseits sollte die Tiefe nicht höher als nötig liegen, da dies die Größe der abgebildeten kardialen Strukturen verkleinert und die Bildrate vermindert.

Ähnliche Überlegungen gelten für die Sektorbreite. Eine größere Sektorbreite bildet Strukturen in größerer horizontaler Erstreckung ab, vermindert jedoch die Bildrate und die laterale Dichte der Scanlinien. Umgekehrt schafft die Zoomfunktion größere, detailreichere Abbildungen eines Bildausschnitts mit höherer Bildrate und besserer lateraler Auflösung, muss jedoch auf einen kleineren Bildausschnitt fokussieren. Bei den meisten Ultraschallgeräten kann die Zoomfunktion in Echtzeit während der Untersuchung zur besseren Auflösung in einem relevanten Bildbereich ausgewählt werden (sog. „preprocessing“). Im Gegensatz dazu stellt die Nutzung der Zoomfunktion in einem schon aufgenommenen Bild oder Video eine einfache Vergrößerung dar (sog. „postprocessing“).

Insgesamt gilt: je kleiner der Sektor und je geringer die Eindringtiefe, desto höher sind räumliche und zeitliche Auflösung des Bildes. Sektor und Eindringtiefe sollten also auf die minimal notwendige Größe eingestellt werden, die die vollständige Darstellung der zu untersuchenden Strukturen erlaubt [10–12, 14].

Die typische Sektorbreite beträgt etwa 90 Grad und kann für einen Großteil der Untersuchungen und die meisten Fragestellungen unverändert beibehalten werden. Grundsätzlich sollte wegen der Verschlechterung der Bildqualität zurückhaltend mit höheren Sektorbreiten gearbeitet werden.

2.8 Fokus

Beim klassischen „phased-array“-Schallkopf gibt es eine Zone besonders schmaler Haupt- und Neben-Schallkeulen, den Fokus. Der Fokus erzeugt einen in Bezug auf Bildqualität und Auflösung „optimalen“ Bereich des Bildes in einer bestimmten Tiefe und kann manuell verändert werden. Daher sollten Strukturen, die besonders wichtig oder verändert erscheinen, innerhalb dieses Fokus untersucht werden. Moderne Schallköpfe haben jedoch ausgedehntere Fokuszonen („dynamic focussing“), sodass eine spezielle Anpassung nicht mehr notwendig oder möglich ist.

2.9 Bildrate

Die Bildrate („frames per second“, fps) bestimmt die zeitliche Auflösung des 2D-Bildes. Sie steigt, wenn die Eindringtiefe und die Sektorbreite abnehmen. Daher muss hier jeweils ein Kompromiss zwischen diesen 3 Kenngrößen gefunden werden. Bildraten < 20/s sollten generell vermieden werden. Für die Strainanalyse sollte die Bildrate > 40/s liegen (s.u.), numerisch in etwa in der Höhe der Herzfrequenz. Sehr hohe Bildfrequenzen, etwa > 100/s, sind selten sinnvoll, zumal sie verlangsamt abgespielt werden müssen, um die höhere zeitliche Auflösung nutzen zu können.

2.10 M-Mode

Die eindimensionale zeitliche Registrierung von kardialen Strukturen spielt angesichts der Entwicklung des 2D- und 3D-Modalitäten heute nur eine untergeordnete Rolle. Wegen der sehr hohen zeitlichen Auflösung kann es in Einzelfällen sinnvoll sein, v.a. schnelle Vorgänge im M-Mode aufzuzeichnen, etwa die mittersystolische Schließungsbewegung der Aortenklappe bei hypertroph-obstruktiver Kardiomyopathie. Auch grundlegende Messungen wie die parasternalen Durchmesser und Wanddicken des linken Ventrikels können im M-Mode erfolgen, der manchmal eine bessere Auflösung der Endokardgrenzen des Septums oder der inferolateralen Wand erlaubt [10–12, 14]. Häufig ist jedoch die korrekte Positionierung des Schallstrahls senkrecht zum interventrikulären Septum schwierig, sodass die M-Mode-Messung schräg zur Längsachse des linken Ventrikels erfolgen und somit die Dimensionen überschätzen würde. Um diese winkelbedingten Messfehler zu vermeiden, ist meist eine Messung im 2D-Bild vorzuziehen. Bestimmte Hersteller erlauben die freie Positionierung eines elektronischen M-Mode-Äquivalents im 2D-Bild, teilweise auch Offline bei der Nachbearbeitung, wodurch die winkelbedingte Fehlanlotung vermieden werden kann. Das daraus berechnete Bild beruht allerdings auf dem 2D-Bild und verfügt nicht über die dem M-Mode eigenen Vorteile der höheren zeitlichen Auflösung.

In der Routineuntersuchung ist die M-Mode-Registrierung nur noch bei der Messung der „tricuspid annular plane systolic excursion“ (TAPSE) von Bedeutung, d.h. bei der Bestimmung der Apikalverschiebung der lateralen Trikuspidalsegelinserktion als Maß der longitudinalen rechtsventrikulären Funktion; diese gehört weiterhin zum Standardprogramm der echokardiographischen Untersuchung.

2.11 Spektraldoppler

Das Dopplerverfahren ist Teil der Echokardiographie und dient der Geschwindigkeitsmessung von beweglichen kardialen Strukturen, v.a. Blutfluss- und Gewebegeschwindigkeiten. Die wesentlichen Formen sind:

- der kontinuierliche (CW) Doppler, der keine Beschränkung der maximal auflösbaren Geschwindigkeit besitzt, jedoch entlang des Untersuchungsstrahls keine Information über den Ort der registrierten Geschwindigkeit liefert;
- der gepulste (PW) Doppler, der nur innerhalb eines bestimmten Geschwindigkeitsbereichs eindeutige Messungen liefert, diese aber räumlich eindeutig verorten kann; und
- der Farbdoppler, der eine Sonderform des gepulsten Dopplers darstellt und die gemessenen Geschwindigkeiten entsprechend einer Farbskala direkt an ihrem Messort im 2D-Bild visuell wiedergibt.

Beim kontinuierlichen Doppler braucht keine Länge des Messvolumens („sample volume“) eingestellt zu werden, das Messvolumen ist die gesamte Länge des Untersuchungsstrahls.

Das Messvolumen des gepulsten Dopplers kann sowohl beliebig positioniert werden als auch in seiner Länge variiert werden. Typische Längen für kardiale Messungen liegen zwischen 3 und 7 mm [4, 15]. Größere Messvolumina erzeugen eine Mittelung der im Volumen registrierten Signale, was bei homogenem Strömungsfeld zur Reduktion des Rauschens führt, bei inhomogenem Strömungsfeld dagegen die Registrierungsqualität verschlechtern kann.

Bei der Wiedergabe von Spektraldopplersignalen ist darauf zu achten, dass Nulllinie und Geschwindigkeitsskala so eingestellt werden, dass das gewünschte Dopplerspektrum so groß wie möglich, aber ohne Maximalwerte abzuschneiden, auf dem Bildschirm dargestellt wird. Beim gepulsten Doppler sollte ein Aliasing vermieden werden. Die Standardeinstellung zeigt Geschwindigkeiten zum Schallkopf hin als positiv und vom Schallkopf weg als negativ an. Bei der Wahl der Verstärkung sollte ein Optimum zwischen Nachweis des interessierenden Signals (etwa Flussgeschwindigkeit in der Aortenklappe) und Rauschen angestrebt werden. Durch einen Filter, der niedrige Geschwindigkeiten eliminiert („wall filter“, „low-velocity reject“) kann eine Reduktion des Grundrauschens und von Signalen von festen Gewebestrukturen erzielt werden, die Registrierung wirkt dann „sauberer“; man beachte jedoch den dadurch entstehenden Informationsverlust, v.a. wenn z.B. zeitliche Intervalle (etwa Klappenöffnung/-schließung) bestimmt werden sollen, daher sollte dies sparsam verwendet werden. Die Registrierungsgeschwindigkeit der Dopplersignale („sweep speed“) beträgt typischerweise 25 bis 100 mm/s; es sollten mindestens 3 Herzzyklen im Sinusrhythmus und 5 oder mehr bei Vorhofflimmern registriert werden, bei speziellen Fragestellungen wie z.B. der Untersuchung der Atemvariabilität kann eine niedrigere Registrierungsgeschwindigkeit, meist 10 mm/s gewählt werden.

2.12 Farbdoppler

Wegen der niedrigen zeitlichen Auflösung des Farbdopplers sollten Eindringtiefe und Sektorbreite des Farbdopplersektors so klein, wie im Hinblick auf die untersuchte Struktur möglich gewählt werden, um das mögliche Maximum an zeitlicher Auflösung zu erzielen (s.o.). Die Verstärkung sollte so eingestellt werden, dass sie gerade unterhalb des Auftretens von „random color pixels“ liegt. Je nach Hersteller kann die Farbgebung rasch veränderliche Flussgeschwindigkeiten („Turbulenz“, „Varianz“) durch Beimischung eines weiteren Farbtönen wie z.B. Türkis oder eines Farbmosaikmusters anzeigen. Die Wahl der Farbpalette und -skala kann nach individueller Vorliebe erfolgen, sollte jedoch innerhalb des Echo-Labors einheitlich sein (s.o.). Typische Aliasing-Geschwindigkeiten (Nyquist-Grenze) für den Farbdoppler sind etwa 50-70 cm/s; wesentlich niedrigere Geschwindigkeiten erschweren das Erkennen von relevanten Flussphänomenen, etwa Klappeninsuffizienzen.

Zu hohe Aliasing-Geschwindigkeiten können relevante Flussphänomene im Farbdoppler verschwinden lassen (etwa beim Vorhofseptumdefekt). Die Nulllinie des Farbdopplers wird im Preset und während der Untersuchung eines Normalbefundes in der Mitte des Geschwindigkeitsspektrums belassen.

2.13 Gewebedoppler

Der Gewebedoppler misst nach dem gepulsten Dopplerprinzip lokale Gewebegeschwindigkeiten. Bei der echokardiographischen Standarduntersuchung werden die apikobasalen Myokardbewegungsgeschwindigkeiten im Bereich des Mitral- und Trikuspidalklappenannulus gemessen. Im Gegensatz zu Blutflussgeschwindigkeiten handelt es sich um niedrige Geschwindigkeiten (unter 20 cm/s) und stark reflektierende Strukturen. Die Skala muss **dementsprechend** gewählt werden. Die Registrierungsgeschwindigkeit entspricht in der Regel der der Blutflussprofile, z.B. des Mitraleinstroms (25-100 mm/s). Auch hier kann die Länge des „sample volumes“ verändert werden. Ziel ist wiederum ein klares, nicht abgeschnittenes Geschwindigkeitsprofil.

2.14 2D – Strain

2.3	Empfehlung	Stand 2025
	Für die Strainbestimmung sollte • die Bildrate > 40/s liegen, idealerweise numerisch etwa im Bereich der Herzfrequenz • auf vergleichbare Herzfrequenz der 3 apikalen Videoloops für die Berechnung des linksventrikulären Strains geachtet werden, alternativ triplaner Aufnahmemodus • sorgfältig auf die Bildqualität geachtet werden. Wenn >2 Segmente des linken Ventrikels keine ausreichende Qualität für die Strainberechnung aufweisen, sollte keine Berechnung des globalen linksventrikulären Strains erfolgen. Konsensstärke: 8/8 (100%) starker Konsens	

Der Strain beschreibt die prozentuale Längenänderung des Endo-/Myokards über den Herzzyklus. In dieser Weise können die longitudinale, die radiale und die zirkumferentielle Deformation des Myokards vermessen werden. In der klinischen Routine wird üblicher Weise der longitudinale Strain vermessen, der sensitiv erste Funktionseinschränkungen des Myokards detektieren kann [16–19]. Der linksventrikuläre longitudinale Strain quantifiziert die prozentuale Verkürzung des Myokards in apiko-mitraler Ausrichtung und wird, da eine Verkürzung eine negative Längenänderung darstellt, als negativer Wert angegeben, wobei numerisch höhere negative Werte einer stärkeren Verkürzung entsprechen. Die Bestimmung des Strains über Doppler-Verfahren ist möglich, jedoch stark winkelabhängig und damit fehleranfällig sowie zeitaufwändig. In der klinischen Routine hat sich daher das Speckle-tracking durchgesetzt, eine Methode, die semi-automatisch und prinzipiell winkel-unabhängig den Strain bestimmt (wobei jedoch die unterschiedliche axiale und laterale Auflösung der Echobilder und damit ein Einfluss der Anlotungsrichtung bestehen bleibt).

Zur Bestimmung des globalen longitudinalen Strains ist ein ausreichendes EKG-Signal erforderlich. Bei einigen Geräten können Zeitmarker für die Aortenklappenöffnung und den Aortenklappenschluss aus der Spektraldopplermessung übernommen werden. Für die Bestimmung des longitudinalen Strains des linken Ventrikels werden Bildschleifen in den drei apikalen Standardschnitten aufgenommen (Vierkammerblick, Zweikammerblick und apikale lange Achse). Dabei ist auf eine möglichst gute Bildqualität und eine hohe Bildrate (mindestens 40 Bilder/Sekunde) zu achten, d.h. der Bildsektor sollte sich auf den vollständig dargestellten

linken Ventrikel mit möglichst kleinem Bildausschnitt beschränken. Eine Abbildung der Vorhöfe ist nicht notwendig. Wenn mehr als zwei Segmente des Myokards nicht ausreichend dargestellt werden können, sollte auf die Strain-Analyse verzichtet werden. Aus den drei apikalen Standardschnitten (s.o.) wird eine farbkodierte Karte des linksventrikulären Myokards („bull’s eye plot“) erstellt, die auf einen Blick mögliche regionale Funktionseinschränkungen erfassen lässt (**Abbildung 3**). Weiterhin wird als wichtige Kennziffer ein globaler longitudinaler Strain errechnet, der der Verkürzung einer gedachten mittmyokardialen Längskontur des linken Ventrikels in allen 3 apikalen Schnitten entspricht. Hierbei kann neben der maximalen Verkürzung („peak strain“) auch eine maximale systolische Verkürzung („peak systolic strain“) sowohl segmental als auch global berechnet werden, die die maximale Verkürzung bis zum Schluss der Aortenklappe angibt; Diese kann geringer als die maximale Verkürzung ausfallen, da es unter bestimmten Umständen (z.B. Ischämie) noch nach Aortenklappenschluss zu einer Verkürzung kommen kann („post-systolic shortening“).

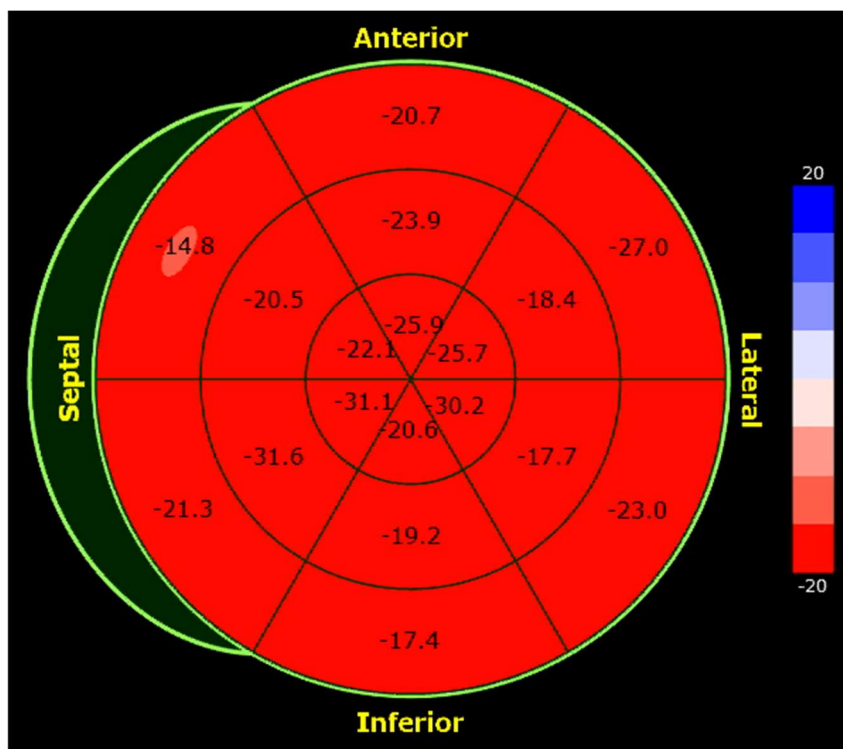


Abbildung 3: Typische Darstellung der Strain-Werte mittels eines „bull’s eye plot“.

Die Verlässlichkeit der Strain-Bestimmung ist eminent abhängig von einer guten Bildqualität und der korrekten Positionierung der Region of Interest (ohne das Perikard). Darüber hinaus werden die erhobenen Werte durch Faktoren wie Alter, Geschlecht, Vorlast und Nachlast beeinflusst; zudem unterscheiden sich die Referenzwerte zwischen den Geräten verschiedener Hersteller teils signifikant. Ein globaler longitudinaler Strain von weniger als -16% weist jedoch herstellerübergreifend auf eine myokardiale Dysfunktion hin [17, 20].

Die intra- und interindividuelle Reproduzierbarkeit der Strainmessung ist in mehreren Studien sogar höher als die der Bestimmung der linksventrikulären Ejektionsfraktion [21, 22]. Für eine zuverlässige Auswertung ist zudem eine ausreichend hohe Bildfrequenz (in der Regel >40 Bilder/s) erforderlich.

Alterungsprozesse und schädigende Einflüsse auf das Myokard führen primär zu einer Einschränkung der longitudinalen Myokardfunktion, die zunächst durch eine Zunahme der radialen Funktion kompensiert werden kann. Die linksventrikuläre Ejektionsfraktion kann dabei längere Zeit noch „normal“ bleiben, obwohl schon ein Myokardschaden vorliegt.

Ein Myokardschaden, bspw. unter kardiotoxischer Chemotherapie, kann mithilfe des longitudinalen Strain sensitiver und früher erfasst werden, so dass frühzeitig mögliche therapeutische Konsequenzen gezogen werden können.

Für den rechten Ventrikel kann der longitudinale Strain der drei Segmente der freien Wand aus dem rechtsherzzentrierten Vierkammerblick vermessen werden („right ventricular free-wall strain“), alternativ können auch, unter Hinzunahme des Kammerseptums, 6 Segmente (3 der freien Wand und 3 des Kammerseptums) als „globaler Strain des rechten Ventrikels“ berechnet werden. Es ist wichtig, genau anzugeben, ob die 3-Segment- oder 6-Segment-Methode für den rechtsventrikulären Strain gewählt wurde, da sich die Normalwerte deutlich unterscheiden.

Auch für den linken Vorhof stehen Speckle-tracking basierte Messmodule zur Verfügung, die es erlauben, den linksatrialen „Reservoir“- „Conduit“- und „Contraction“- Strain zu bestimmen [23]. Die Untersuchung hierzu erfolgt entweder nur im Vorhofs-optimierten apikalen Vierkammerblick oder biplan in optimierten Vierkammer- und Zweikammerschnitten. Wichtig ist hier, bei der Aufnahme den Vierkammerblick so zu optimieren, dass der linke Vorhof größtmöglich und artefaktfrei zur Darstellung kommt. Eine ausreichend hohe Bildrate (>40/s) ist wie bei allen Speckle Tracking Verfahren erforderlich. Ggf. muss dafür die Sektorbreite reduziert werden. Auch sollte im simultan aufgezeichneten EKG die P-Welle gut sichtbar sein, so dass in der Nachbearbeitung die Zeitmarker richtig gesetzt werden können. Der linksatriale „Reservoir“-Strain, d.h. der Maximalwert der Dehnung des linken Vorhofs zum Zeitpunkt des Endes der Kammer systole, der gleichzeitig auch der Maximalwert des linksatrialen Strains überhaupt ist, dient als indirektes Maß des linksatrialen Füllungsdrucks und kann bei der Diagnose einer diastolischen Druckerhöhung im linken Ventrikel und Vorhof oder einer linksatrialen Kardiomyopathie hilfreich sein.

3. Aufnahme von Bildern/Videos und Datenspeicherung

3.1	Empfehlung	Stand 2025
- Bei der Untersuchung im Sinusrhythmus sollten bei jeder Videosequenz mindestens zwei vollständige Herzaktionen EKG-getriggert aufgezeichnet werden. - Bei unregelmäßigen RR-Abständen, z.B. Vorhofflimmern, sollten der Fragestellung entsprechend mehrere Herzaktionen aufgezeichnet werden.		
Konsensstärke: 6/6 bzw. 7/7 Zustimmung (100%) starker Konsens		

Liegt im EKG ein Sinusrhythmus ohne häufige Extrasystolen vor, so sind die einzelnen Herzzyklen im Wesentlichen äquivalent. Hier ist im Prinzip nur ein vollständiger Herzzyklus vonnöten, um alle echokardiographischen Informationen zu akquirieren. Allerdings kommt es je nach EKG-Morphologie, z.B. bei Schenkelblock oder Schrittmacherstimulation, häufig zu fehlerhafter Triggerung des EKGs, sodass von der Software des Echogerätes kein vollständiger Zyklus aufgenommen wird. Daher ist es sicherer, jeweils mindestens 2 konsekutive Herzzyklen aufzunehmen. Dabei sollte darauf geachtet werden, keine Extrasystolen oder postextrasystolischen Aktionen aufzunehmen.

Schwieriger wird es bei Vorhofflimmern/-flattern oder häufigen Extrasystolen. Mindestanforderung sind hier jeweils 3-5 Zyklen, eventuell auch mehr. Bei speziellen Fragestellungen (Atemvariabilität des Mitraleinstroms, inspiratorischer Kollaps der Vena cava inferior etc.) muss die Laufgeschwindigkeit des Spektraldopplers („Sweep speed“) reduziert werden, sodass ausreichend (10-15) Zyklen aufgenommen werden, um einen gesamten Atemzyklus abzubilden [24–26].

Patientenidentifikationsdaten müssen zusammen mit den Untersuchungsdaten (Videoloops, Standbilder, Dopplerregistrierungen etc.) digital gespeichert werden, mindestens auf dem Echogerät, besser auf einem getrennten digitalen Medium (Server, PACS etc.). Ultraschallgeräte aller größeren Hersteller erlauben eine Standbild- und Videoloopspeicherung im standardisierten DICOM Format (Digital Imaging and Communications in Medicine). Die Speicherung in diesem Format führt zu einem möglichst geringen Informationsverlust gegenüber den Rohdaten auf dem Ultraschallgerät. Eine Nachbefundung ist mit diesem Format am einfachsten valide möglich. Für eine Backup-Sicherung der Daten ist Sorge zu tragen.

4. Mögliche Bilder und Videos

Dieses Kapitel behandelt die spezifischen Schallkopfpositionen, die erforderlich sind, um eine vollständige transthorakale Echokardiographie durchzuführen und einen kardialen Normalbefund zu attestieren.

4.1 Parasternale lange Achse (PLAX)

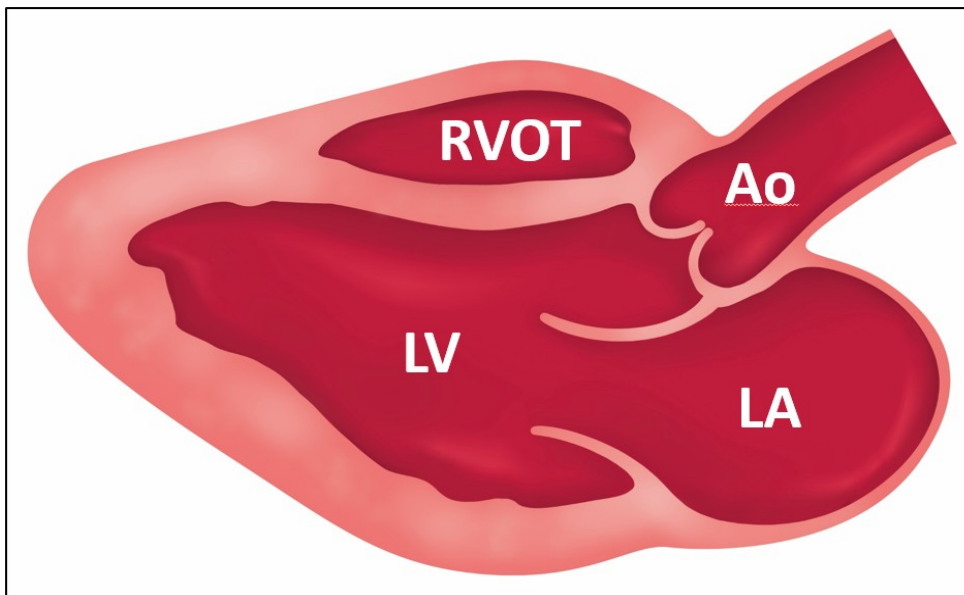


Abbildung 4: Parasternale lange Achse; RVOT: Rechtsventrikulärer Ausflusstrakt; Ao: Aorta; LV: Linker Ventrikel; LA: Linker Vorhof

Der Schallkopf wird im 3. oder 4. Interkostalraum direkt links des Sternums positioniert, wobei die Markierung des Schallkopfes zur rechten Schulter der Patientin bzw. des Patienten zeigt. Das Ziel ist es, den linken Ventrikel horizontal im Bild darzustellen, was in der Regel durch eine möglichst kraniale und sternumnahe Ausrichtung des Schallkopfes erreicht wird. Bei optimaler Anlotung steht das interventrikuläre Septum horizontal im Bild. Je nach Anatomie muss allerdings auch gelegentlich ein leicht schräg gekipptes Septum akzeptiert werden. Die Eindringtiefe sollte so eingestellt werden, dass die inferolaterale Wand des linken Ventrikels und das angrenzende Perikard optimal am unteren Bildrand sichtbar sind, wobei ein Sicherheitsabstand von 5 bis 10 mm sinnvoll ist, um eine vollständige Darstellung während der gesamten Herzaktion zu gewährleisten.

Die Aorten- und die Mitralklappe sollten in der Mitte des jeweiligen Anulus dargestellt werden, wobei Papillarmuskeln nicht im Bild erscheinen sollten, um eine schräge Darstellung des linken Ventrikels zu vermeiden. Die anatomischen Strukturen sind in Abbildung 4 gezeigt.

4.2 Parasternale kurze Achse (PSAX)

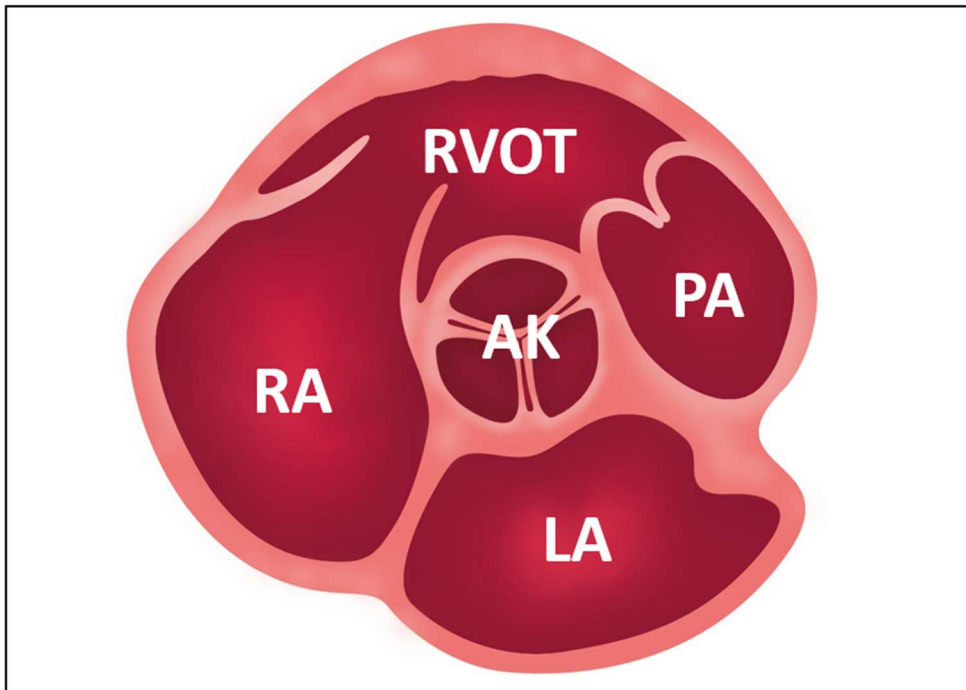


Abbildung 5A: Parasternale kurze Achse auf Höhe der Aortenklappe (AK). RVOT: rechtsventrikulärer Ausflusstrakt; PA: Pulmonalarterie; LA: Linker Vorhof; RA: Rechter Vorhof.

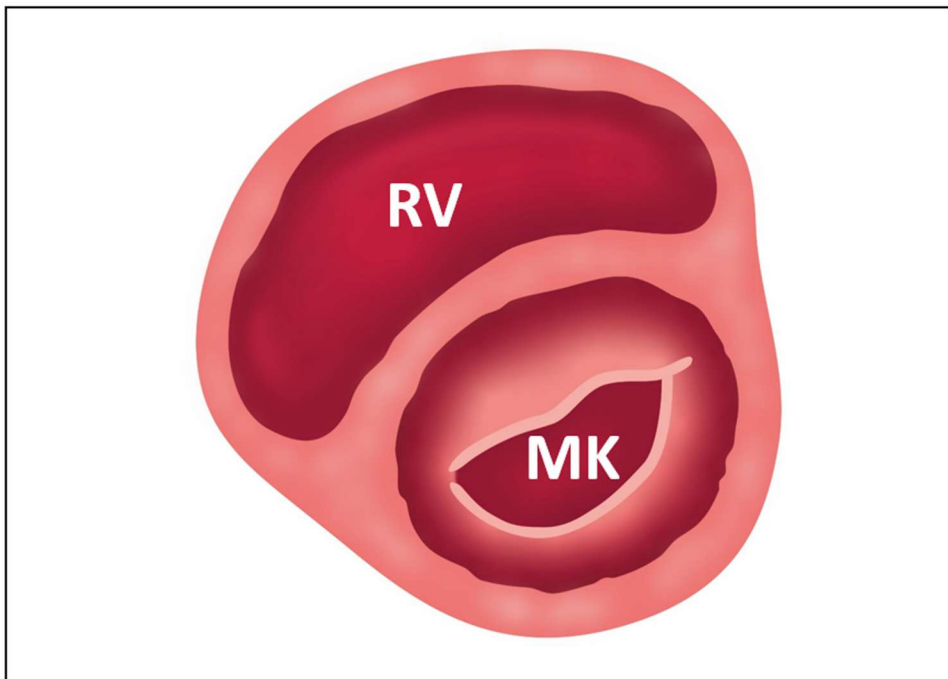


Abbildung 5B: Parasternale kurze Achse auf Höhe der Mitralklappe (MK). RVOT: rechtsventrikulärer Ausflusstrakt.

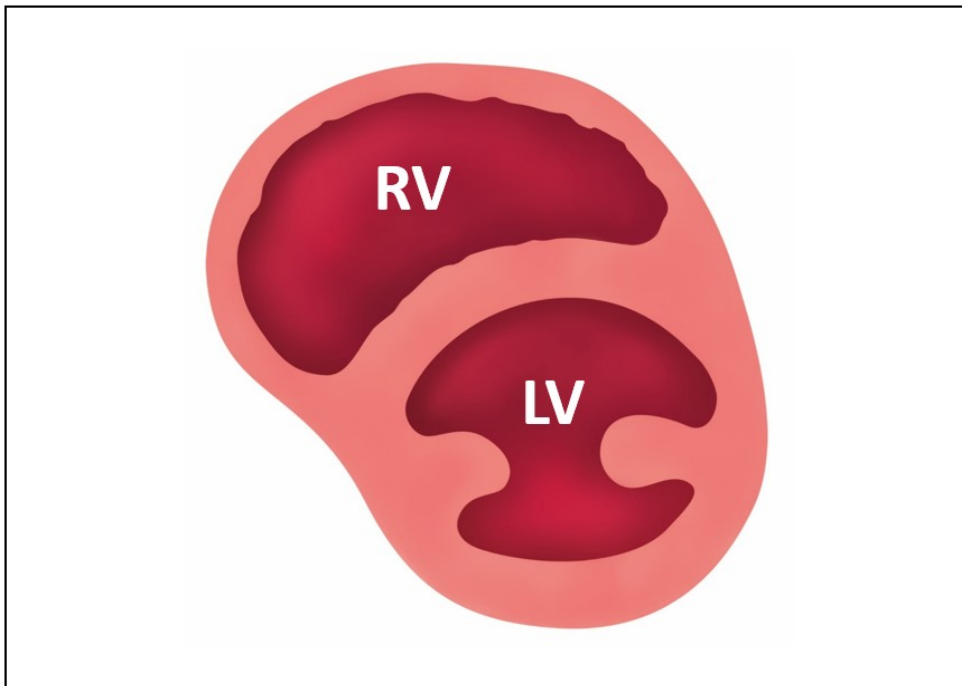


Abbildung 5C: Parasternale kurze Achse auf Höhe der Papillarmuskeln. RV: Rechter Ventrikel; LV: Linker Ventrikel.

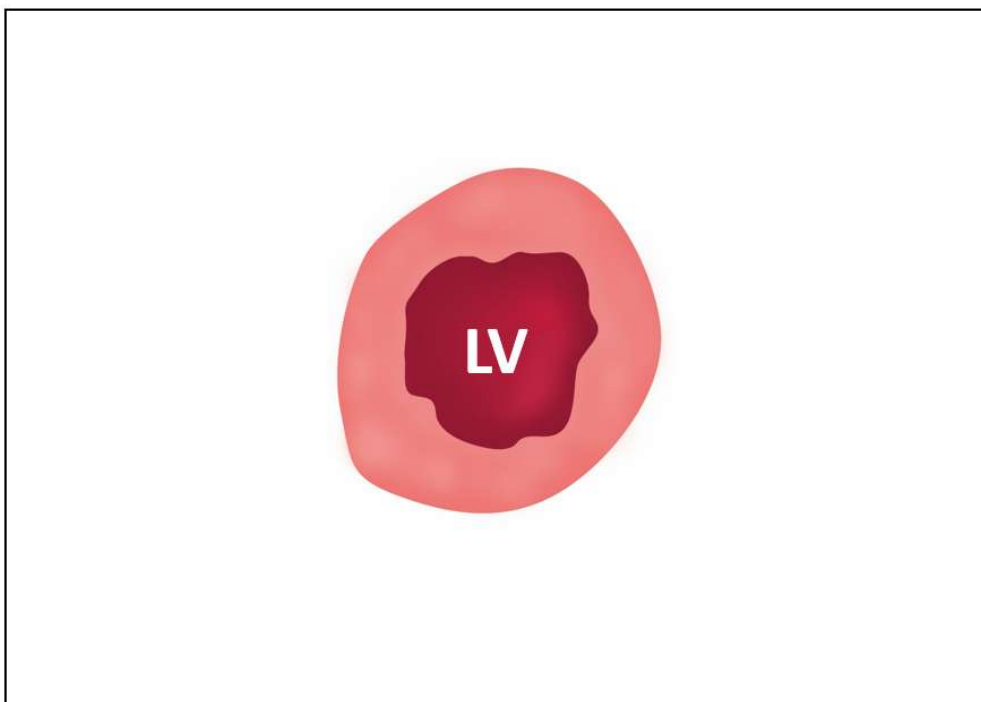


Abbildung 5D: Parasternale kurze Achse auf Höhe der Herzspitze. LV: Linker Ventrikel.

Ausgehend von der PLAX wird der Schallkopf um 90° im Uhrzeigersinn gedreht. In dieser Position wird der linke Ventrikel quer geschnitten. Durch Kippen des Schallkopfes nach superior oder inferior können verschiedene anatomische Strukturen abgebildet werden. Zunächst wird eine kurze Achse der Aortenklappe eingestellt (Abbildung 5A). Um die Aortenklappe mit ihren drei Taschen herum sind Anteile des linken Vorhofs (unten), des interventrikulären Septums, des rechten Vorhofs, der Trikuspidalklappe, des rechten

Ventrikels und des Truncus pulmonalis sichtbar. Durch Schwenken des Schallkopfes können die Trikuspidal- oder Pulmonalklappe fokussiert und exakt beurteilt werden. Danach wird der körperferne Teil des Schallkopfes nach apikal gekippt, um die Mitralklappe mit allen Segmenten des vorderen (oben) und hinteren (unten) Segels darzustellen (Abbildung 5B). Durch weiteres Kippen nach apikal wird der linke Ventrikel auf Höhe der Papillarmuskeln sichtbar (Abbildung 5C). Eine kreisrunde Darstellung des linken Ventrikels ist entscheidend für die genaue Beurteilung regionaler Wandbewegungsstörungen, der Position des interventrikulären Septums und der globalen Funktion der Wandabschnitte. Noch weiteres Kippen des Schallkopfes führt zur Darstellung der apikalen Segmente des linken Ventrikels (Abbildung 5D).

4.3 Apikale Anlotung

Die apikale Anlotung wird in der Region des Herzspitzenstoßes durchgeführt. Als zusätzlicher Orientierungspunkt dient der 5. Interkostalraum in der vorderen Axillarlinie. Ziel ist es, den linken Ventrikel in seiner maximalen Ausdehnung darzustellen. Ein Normalbefund zeigt den linksventrikulären Apex als gotischen Bogen, während ein runderer (romanischer) Bogen auf eine Verkürzung des Ventrikels hinweist. In solchen Fällen sollte die Anlotung einen Interkostalraum tiefer erfolgen. Auf das Problem der Verkürzung wird in **Abbildung 6** hingewiesen.

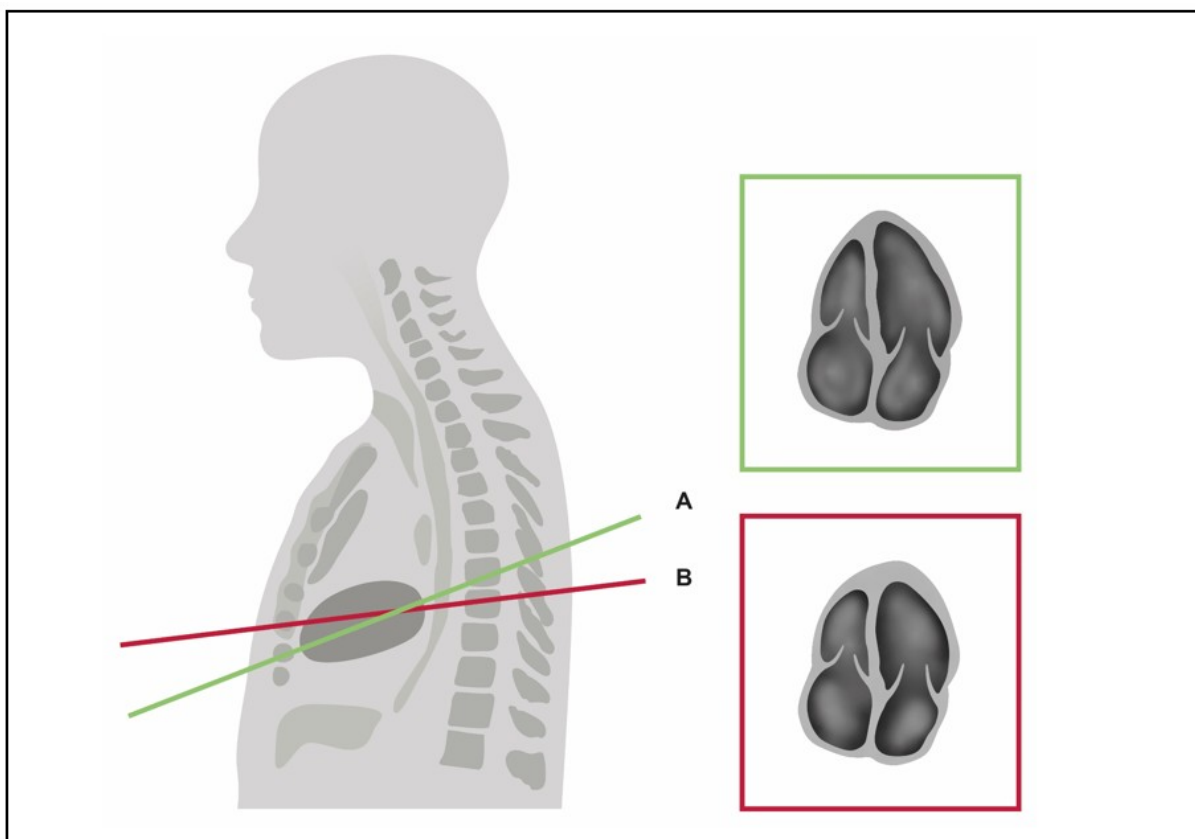


Abbildung 6: Problem der Verkürzung (engl. „foreshortening“): Während die grüne Linie (A) der optimalen Darstellung entlang der Herzachse entspricht, wird das Herz bei Darstellung entlang der roten Linie (B) kürzer. Die so bestimmten Volumina sind zu gering. Die Ejektionsfraktion wird überschätzt.

Eine Verkürzung des linken Ventrikels in den apikalen Schnitten kann zur Bestimmung eines fehlerhaft zu geringen linksventrikulären Volumens und einer fehlerhaft zu hohen linksventrikulären Ejektionsfraktion (EF) führen und sollte bei der Interpretation berücksichtigt werden. In einigen Fällen ist aus anatomischen Gründen eine optimale apikale Anlotung nicht möglich. In diesen Fällen sollten die o.g. Parameter mit großer Vorsicht interpretiert werden.

4.4 Apikaler Vierkammerblick (AP4)

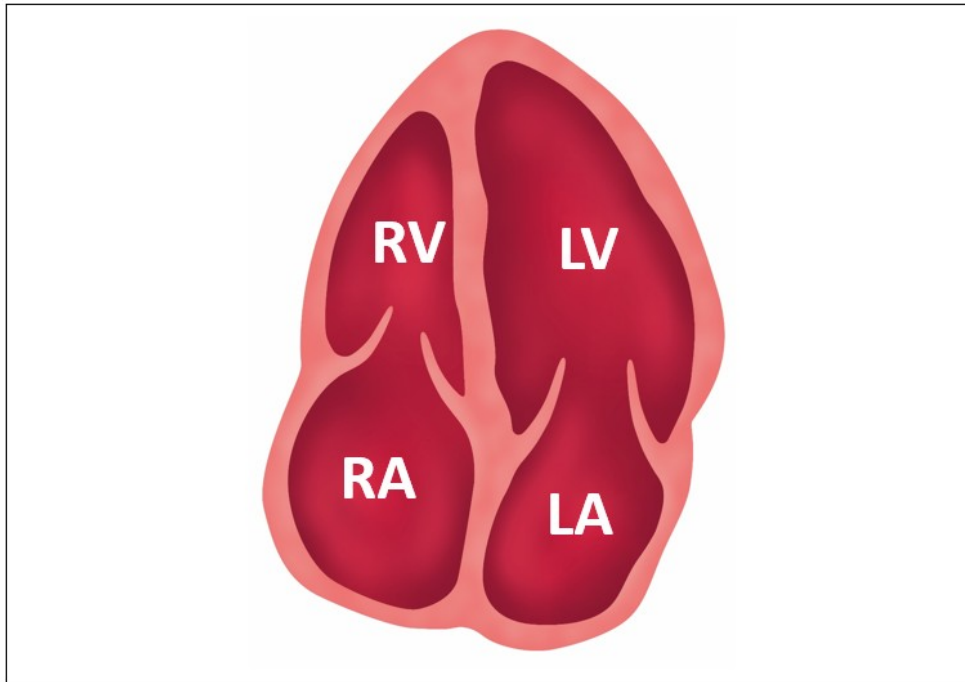


Abbildung 7: Vierkammerblick. LV: Linker Ventrikel; LA: Linker Vorhof; RV: Rechter Ventrikel; RA Rechter Vorhof.

Für diese Ansicht wird die Schallkopfmarkierung in Richtung der Liege orientiert. Das Bild wird so optimiert, dass alle vier Herzkammern dargestellt werden (**Abbildung 7**). Bei einem Normalbefund bildet der linke Ventrikel die Herzspitze, während der kleinere rechte Ventrikel ein Dreieck bildet. Das Myokard sollte vollständig von der atrioventrikulären Klappenebene bis zum Apex dargestellt sein, und die Endokardgrenze sollte gut erkennbar sein. Die Mitralklappe und die Trikuspidalklappe sollten gut beurteilbar sein. Besondere Aufmerksamkeit gilt der Beurteilung der regionalen Wandbewegung (inferoseptal und anterolateral) und der globalen Funktion beider Ventrikel sowie der Position und Bewegung des interventrikulären und interatrialen Septums als Hinweis auf die bestehenden Druck- und Volumenverhältnisse.

4.5 Apikaler Fünfkammerblick (AP5)

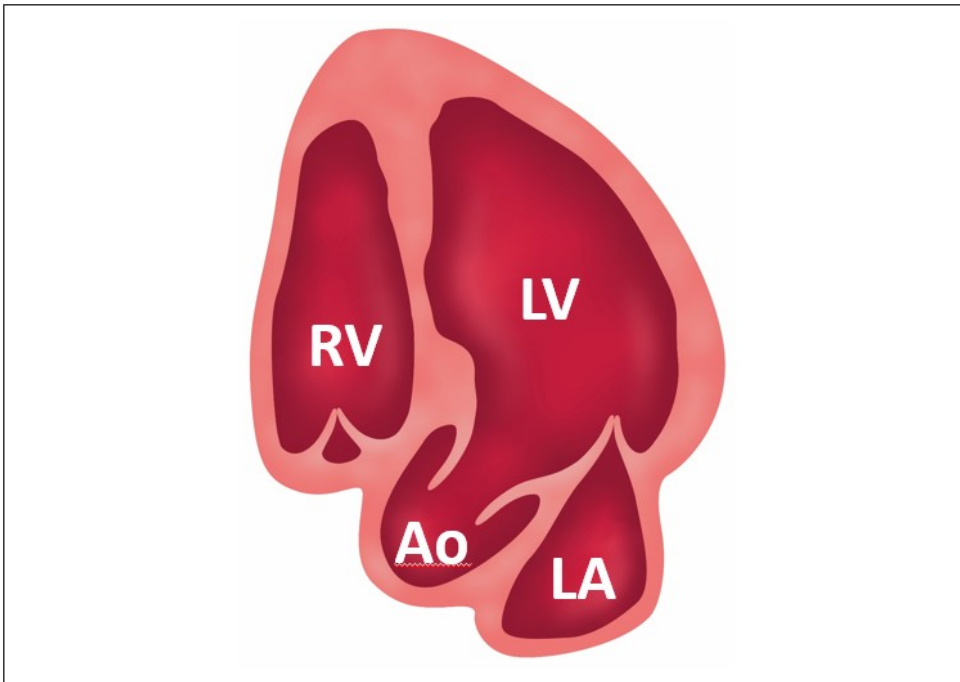


Abbildung 8: Fünfkammerblick. LV: Linker Ventrikel; LA: Linker Vorhof; RV: Rechter Ventrikel; Ao Aorta.

Ausgehend vom Vierkammerblick wird der körperferne Anteil des Schallkopfes nach kaudal gekippt, um den linksventrikulären Ausflusstrakt (LVOT), die Aortenklappe und die proximale aufsteigende Aorta mit darzustellen. In dieser Ansicht können auch die lateralen Segmente der Mitralklappe gut beurteilt werden (**Abbildung 8**).

4.6 Apikaler Zweikammerblick (AP2)

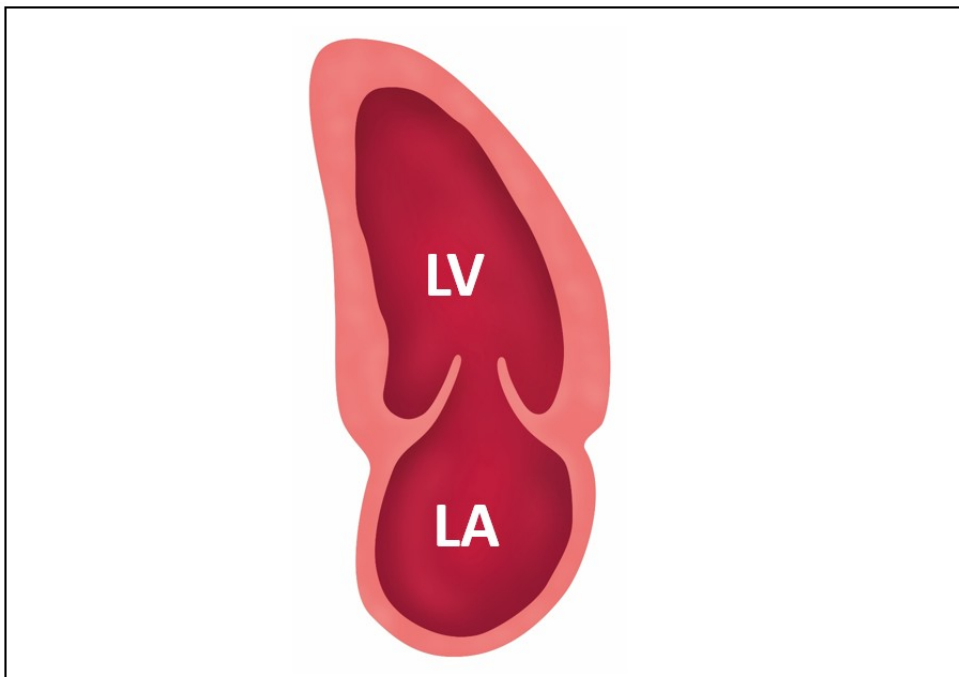


Abbildung 9: Zweikammerblick. LV: Linker Ventrikel; LA: Linker Vorhof.

Der Vierkammerblick wird so korrigiert, dass sich Ventrikelspitze, die Mitte der Mitralklappe und der Vorhof genau in der Winkelhalbierenden des Bildsektors befinden. Dann wird der Schallkopf etwa 60° gegen den Uhrzeigersinn gedreht, so dass die Schallkopfmarkierung zur linken Schulter zeigt. Der linke Vorhof, die Mitralklappe und der linke Ventrikel werden dargestellt, oft auch das linke Vorhofohr. Abgesehen von der Beurteilung der Mitralklappe wird hier besonderes Augenmerk auf die regionale Wandbewegung der anterioren und inferioren linksventrikulären Wand gelegt (**Abbildung 9**).

4.7 Apikaler Dreikammerblick (AP3) / Apikaler Langachsenschnitt

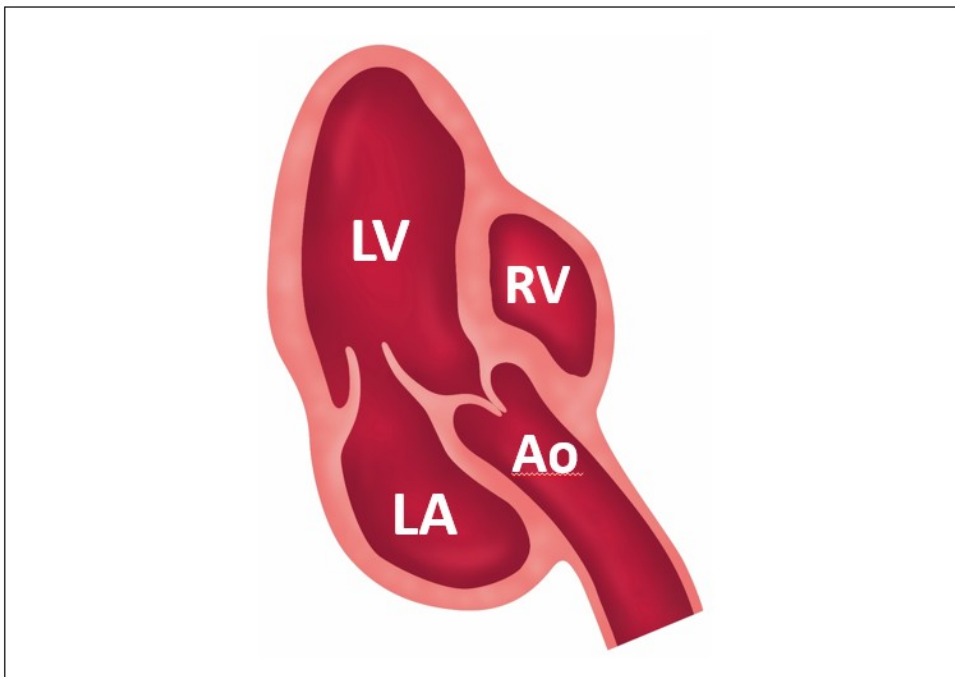


Abbildung 10: Dreikammerblick. LV: Linker Ventrikel; LA: Linker Vorhof; RV: Rechter Ventrikel; Ao: Aorta

Vom Zweikammerblick aus wird der Schallkopf um weitere 60° gegen den Uhrzeigersinn gedreht, so dass die Schallkopfmarkierung zur rechten Schulter zeigt. Das sich darstellende Bild entspricht der PLAX. Der linke Vorhof, die Mitralklappe, der linke Ventrikel, die Aortenklappe und die Aorta ascendens werden dargestellt. Im Gegensatz zur PLAX ist hier die Herzspitze Bestandteil des Bildes. Die Beurteilung der Aorten- und Mitralklappe sowie der regionalen Wandbewegung des linken Ventrikels (anteroseptal und inferolateral) ist wesentlich (**Abbildung 10**).

4.8 Subkostaler Vierkammerblick

Für den Subkostalschnitt liegt die Patientin bzw. der Patient in Rückenlage. Der Schallkopf wird vorsichtig unterhalb des Xiphoids platziert, die Markierung zeigt patientenseitig nach links-lateral. Eine tiefe Inspiration kann die Darstellung verbessern. Mit diesem Blick können das Perikard, die vier Herzhöhlen und die beiden Atrioventrikularklappen (Mitralklappe und Trikuspidalklappe) dargestellt werden. In dieser Ansicht können mögliche Defekte des interatrialen und interventrikulären Septums gut beurteilt werden (**Abbildung 11**). Gerade bei der fokussierten Ultraschalluntersuchung des Herzens (s.u.) ist diese Anlotung besonders hilfreich, weil sie u.a. auch bei Überdruckbeatmung oder unter mechanischer Reanimation möglich ist.

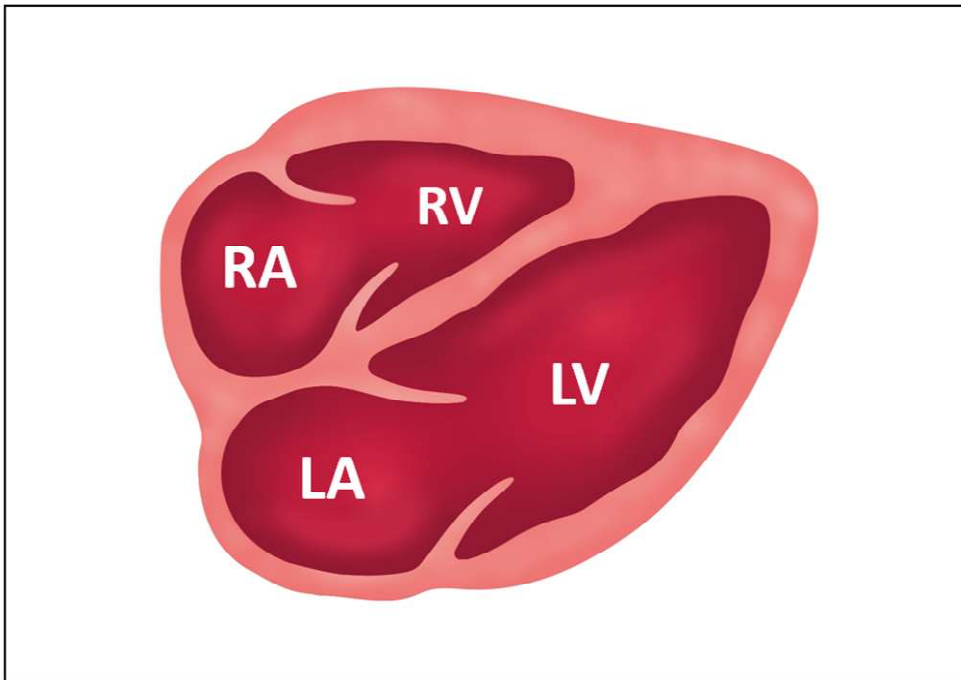


Abbildung 11: Subkostaler Schnitt. LV: Linker Ventrikel; LA: Linker Vorhof; RV: Rechter Ventrikel; RA: Rechter Vorhof.

4.9 Subkostaler Blick auf die Vena cava inferior

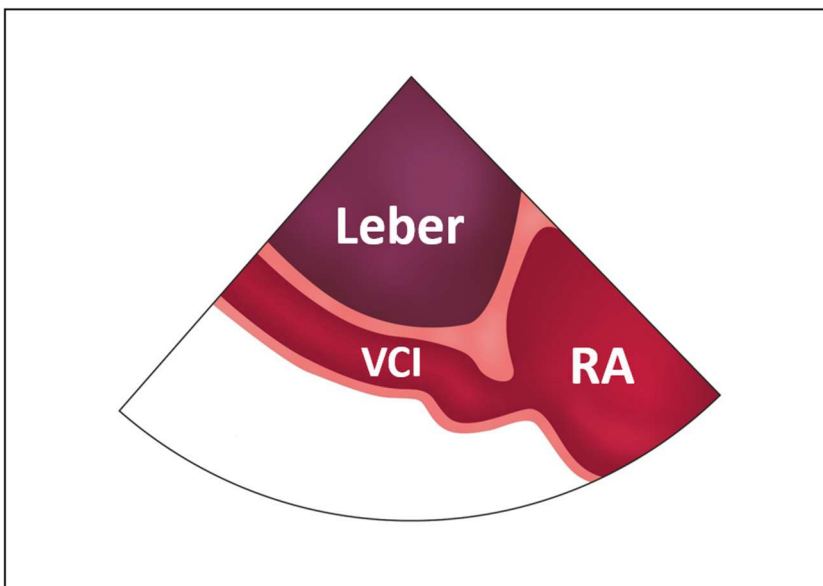


Abbildung 12: Subkostaler Schnitt zur Darstellung der Vena cava inferior (VCI). RA: Rechter Vorhof.

Diese Schnittebene wird ebenfalls durch Aufsetzen des Schallkopfes subkostal in der Mittellinie dargestellt. Die Markierung des Schallkopfes zeigt zum Kopf der Patientin bzw. des Patienten. Es gelingt die Darstellung der Lebervenen und der Einmündung der unteren Hohlvene (VCI) in den rechten Vorhof (**Abbildung 12**). Die Beurteilung der Weite und Atemvariabilität der VCI ist entscheidend für die Einschätzung des rechtsatrialen Druckes.

5. Linksventrikuläre Segmente

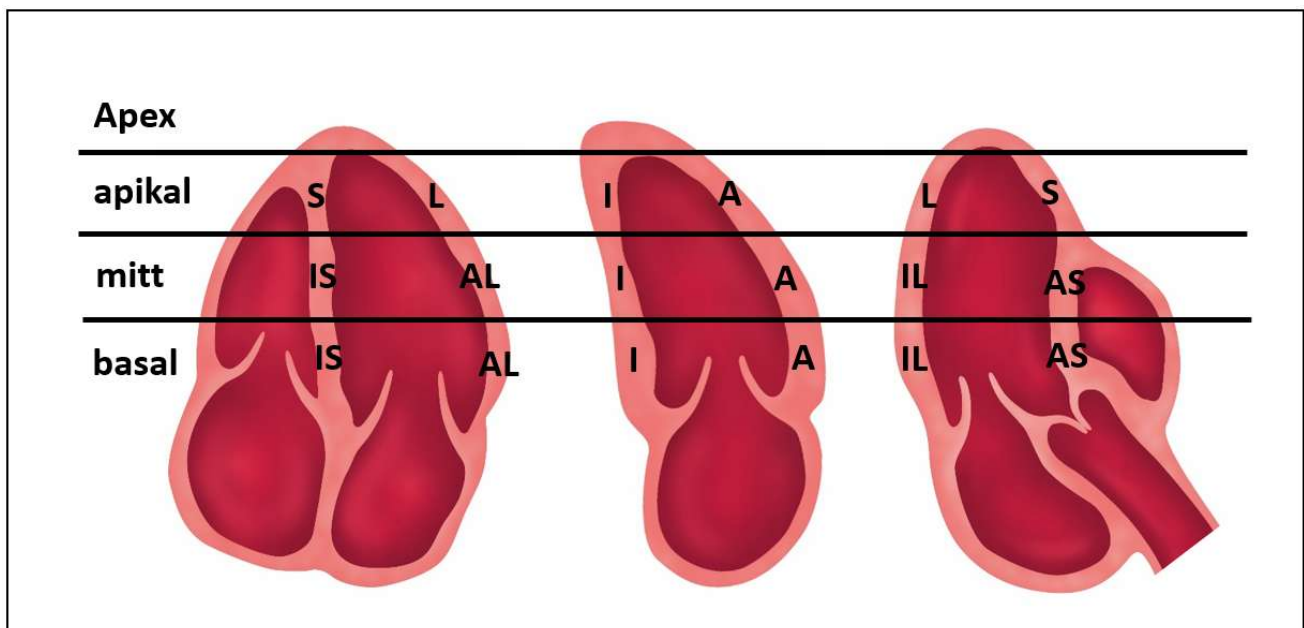


Abbildung 13: Darstellung der 16 bzw. 17 Segmente des linken Ventrikels. Apex, apikale Segmente, mittventrikuläre Segmente und basale Segmente. S: Septal; L: Lateral; A: Anterior; I: Inferior; IS: Inferoseptal; AL: Anterolateral; IL: Inferolateral; AS: Anteroseptal.

Zur genauen Lokalisation morphologischer und funktioneller Veränderungen des linken Ventrikels haben sich auch in der Echokardiographie Segmentmodelle etabliert [7, 24, 27]. Dabei sollen die einzelnen Segmente vergleichbar in Größe und Myokardmasse sein. Hierdurch kann das Ausmaß einer Ischämie im Versorgungsgebiet einzelner Koronargefäße durch die segmentale Einteilung präzise charakterisiert werden.

Um die Vergleichbarkeit verschiedener bildgebender Verfahren wie Herz-MRT, Herz-CT oder Myokardszintigraphie zu verbessern, haben sich das 16-Segment- und das 17-Segment-Modell durchgesetzt (Abbildung 13). Der einzige Unterschied zwischen beiden Modellen besteht in der gesonderten Beurteilung der apikalen Kappe als 17tes Segment. Dieses zusätzliche Segment kann in Perfusionsuntersuchungen gewertet werden, sollte jedoch echokardiographisch nicht als eigenständiges Segment zur Beurteilung von Wandbewegungsstörungen verwendet werden, da die Masse und Größe im Vergleich zu den anderen Segmenten zu klein ist.

6. Minimaler Datenumfang

6.1	Empfehlung	Stand 2025
Tabelle 2 gibt die Videos und Standbilder an, die mindestens bei einer vollständigen Untersuchung eines Normalbefundes aufgenommen werden sollten. Der Datensatz soll bei Vorliegen spezifischer Pathologien erweitert werden. Diese Empfehlungen gelten nicht für den fokussierten kardialen Ultraschall (s.u.)		
Konsensstärke: 8/8 (100%) starker Konsens		

Die transthorakale Echokardiographie bietet die Möglichkeit einer Vielzahl an Anlotungen und damit Aufnahmen von Schnittbildern und Videos [10, 14, 24].

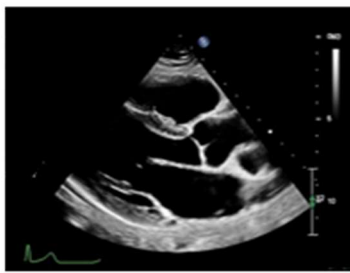
Viele dieser Aufnahmen sind allerdings nur bei Vorliegen von spezifischen Pathologien relevant und notwendig [28–32]. In der Literatur finden sich einige Empfehlungen zum minimalen Datenumfang einer transthorakalen Echokardiographie [6, 26]. Diese Empfehlungen verändern sich aber mit den technischen Entwicklungen und müssen an die jeweilige nationale Versorgungsstruktur angepasst werden. Der in **Tabelle 2** dargestellte minimale Datenumfang ist ein Kompromiss aus den Erfordernissen einer kompletten Evaluation der kardialen Morphologie und Funktion und den Notwendigkeiten und zeitlichen Limitationen in der klinischen Praxis in Deutschland. In **Abbildung 14** findet sich eine grafische Darstellung der **Tabelle 2**.

Tabelle 2. Empfehlungen zum minimalen Datensatz mit entsprechender Konsensstärke		
Achse	Video bzw. Standbild	Konsens*
Parasternale lange Achse (PLAX)	Video	8/0/0, 100%
	Video, Farbdoppler AK und MK	8/0/0, 100%
	Standbild, Messung IVS, LVEDD, PW	8/0/0, 100%
Parasternale kurze Achse, Höhe AK (PSAX)	Video	8/0/0, 100%
	Video, Farbdoppler Pulmonalklappe	8/0/0, 100%
	Video, Farbdoppler Trikuspidalklappe	8/0/0, 100%
	Video, Farbdoppler Aortenklappe	7/1/0, >75%
Parasternale kurze Achse, Höhe der Mitralklappe	Video	7/1/0, > 75%
Parasternale kurze Achse, Höhe der Papillarmuskeln	Video	8/0/0, 100%
Vierkammerblick (AP4)	Video	8/0/0, 100%
	Video, Farbdoppler Mitralklappe	8/0/0, 100%
	Standbild, PW-Doppler Mitralklappe	8/0/0, 100%
	Standbild, Gewebedoppler medialer Mitralklappenannulus	8/0/0, 100%
	Standbild, Gewebedoppler lateraler Mitralklappenannulus	8/0/0, 100%
	Standbild, Messung des LAVI	8/0/0, 100%
RV-fokussierter Vierkammerblick	Video, Farbdoppler Trikuspidalklappe	8/0/0, 100%
	Standbild, CW-Doppler Trikuspidalklappe	8/0/0, 100%
	Standbild, M-Mode Trikuspidalklappenannulus	8/0/0, 100%
Fünfkammerblick (AP5)	Video, Farbdoppler, Aortenklappe	7/0/0, 100%
	Standbild, CW-Doppler Aortenklappe	7/0/0, 100%
Zweikammerblick (AP2)	Video	7/0/0, 100%
Dreikammerblick (AP3)	Video	7/0/0, 100%
	Video, Farbdoppler Aorten- und Mitralklappe	7/0/0, 100%
Subkostaler Vierkammerblick	Video	6/1/0, > 75%
Subkostal Vena cava inferior	Video	7/0/0, 100%

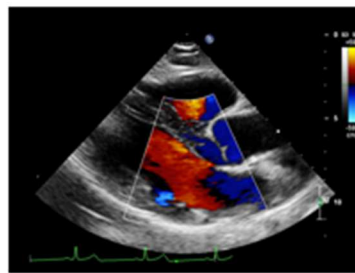
* Zustimmung/Ablehnung/Enthaltung, Konsensstärke in %

Abbildung 14: minimaler Datensatz der Transthorakalen Echokardiographie.

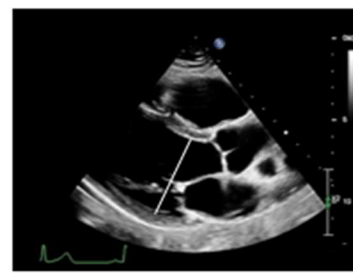
Minimaler Datensatz – Transthorakale Echokardiographie



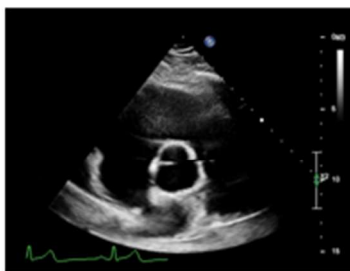
Parasternale lange Achse,
Video



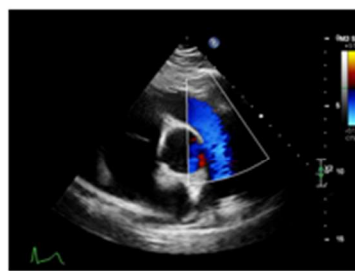
Parasternale lange Achse
Video, FD



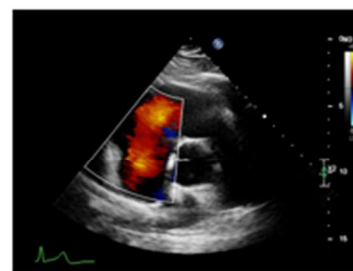
Parasternale lange Achse
Standbild, Messung



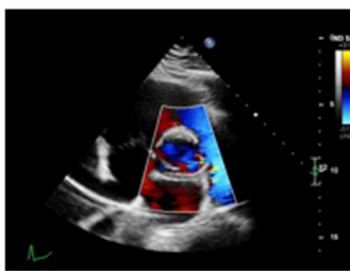
Parasternale kurze Achse,
AK-Ebene, Video



Parasternale kurze Achse,
AK-Ebene, Video, FD PK



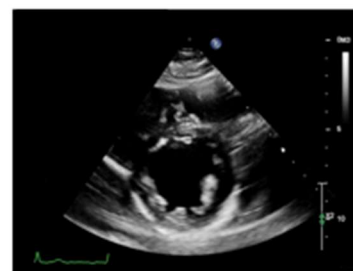
Parasternale kurze Achse
AK-Ebene, Video FD TK



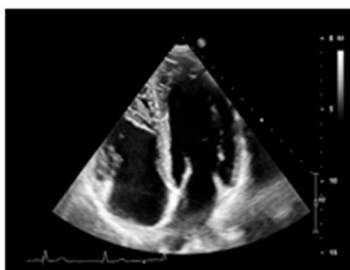
Parasternale kurze Achse,
AK-Ebene, Video, FD AK



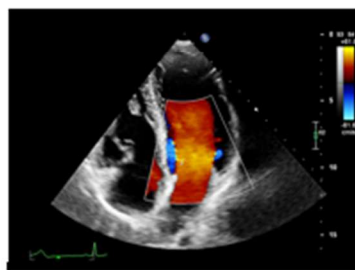
Parasternale kurze Achse,
MK-Ebene, Video



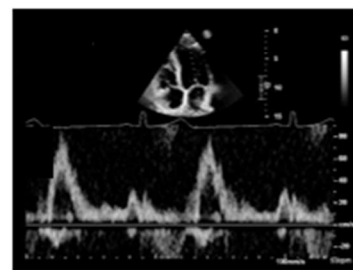
Parasternale kurze Achse
PM-Ebene, Video



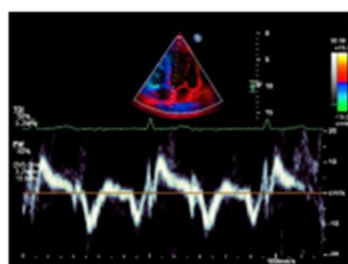
Vierkammerblick,
Video



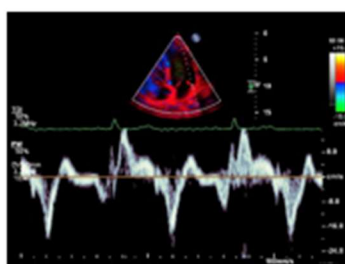
Vierkammerblick, Video
FD MK



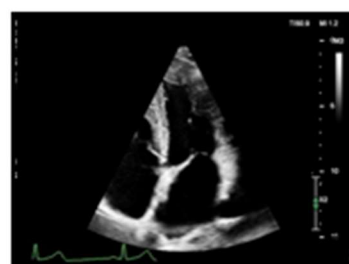
Vierkammerblick, PW-Doppler
MK



Vierkammerblick, Gewebedoppler
medialer MK-Anulus



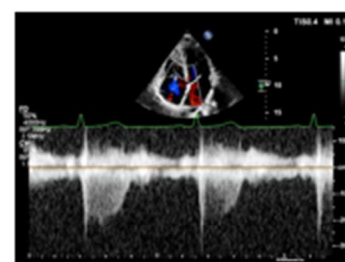
Vierkammerblick, Gewebedoppler
lateral MK-Anulus



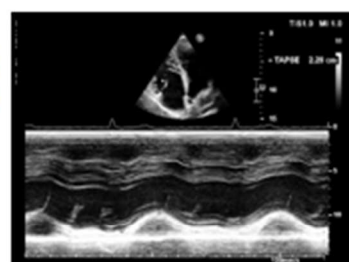
Vierkammerblick zur Messung
des linken Vorhofs



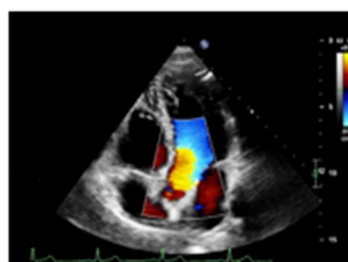
RV fokussierter Vierkammerblick,
Video, Farbdoppler TK



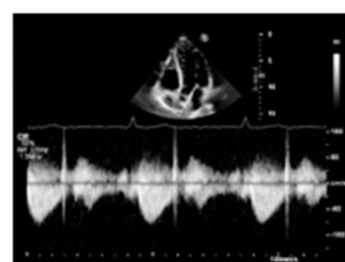
RV fokussierter Vierkammerblick,
CW-Doppler TK



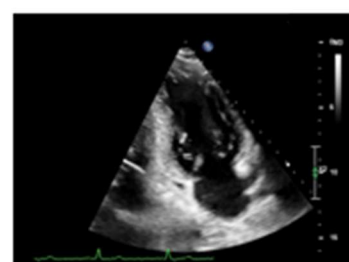
RV fokussierter Vierkammerblick,
M-Mode, TAPSE-Messung



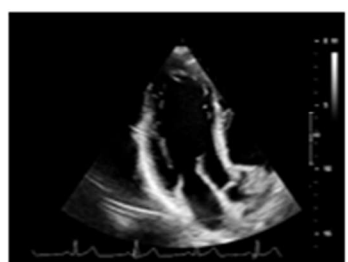
Fünfkammerblick,
Video, Farbdoppler AK



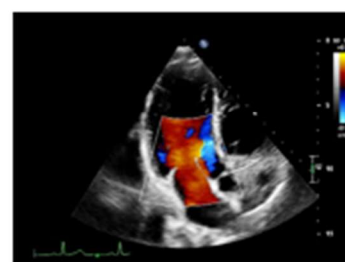
Fünfkammerblick,
CW-Doppler AK



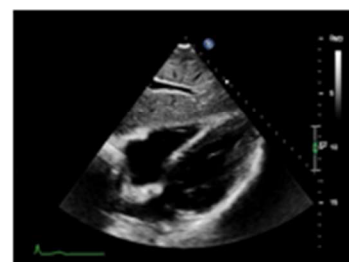
Zweikammerblick,
Video



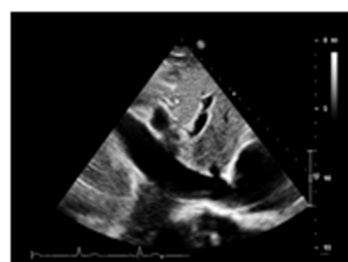
Dreikammerblick,
Video



Dreikammerblick,
Video, Farbdoppler AK+MK



Subcostaler Vierkammer-
blick, Video



Vena cava inferior,
Video

Abkürzungsverzeichnis: FD: Farbdoppler; AK: Aortenklappe; PK: Pulmonalklappe; TK: Trikuspidalklappe; MK: Mitralklappe; PM: Papillarmuskel; TAPSE: Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion

7. Empfehlungen zur Durchführung von Messungen

Die Quantifizierung der Größe und Funktion kardialer Strukturen bildet das Fundament der kardiovaskulären Bildgebung. Die transthorakale Echokardiographie stellt hierbei die primäre Methode zur Beurteilung relevanter Parameter dar.

Die Standardisierung der Methodik zur Durchführung von Messungen im Normalbefund basiert auf den aktuell geltenden Empfehlungen der gemeinsamen Leitlinie der europäischen (European Association of Cardiovascular Imaging [EACVI]) und amerikanischen (American Society of Echocardiography [ASE]) echokardiographischen Fachgesellschaften zur Bestimmung der kardialen Kammerquantifizierung und dient somit der einheitlichen Kategorisierung von physiologischen und pathologischen Befunden [4, 6, 24, 28–32]. Angesichts der Vielzahl möglicher Messungen konzentrieren sich die vorliegenden Leitlinien auf wenige, robuste Parameter, die in der Routinediagnostik unerlässlich sind. Für spezifische Fragestellungen wird auf die genannten Arbeiten verwiesen.

Messungen im 2D-Bild sollten grundsätzlich möglichst in Richtung des Schallstrahls erfolgen, um die optimale räumliche Auflösung zu nutzen. Die Messung des interventrikulären Septums erfolgt beispielsweise in der parasternalen langen Achse und nicht im Vierkammerblick. Bei Dopplermessungen ist darauf zu achten, in Flussrichtung zu messen, da eine nicht orthograde Anlotung des Flusses zu erheblichen Fehlbestimmungen der Geschwindigkeiten führen kann [28, 29]. Winkelfehler bis zu 20° sind bei der Anlotung maximal tolerabel. Tabelle 3 fasst die empfohlenen Schnittebenen für spezifische Messungen zusammen.

Hämodynamische Faktoren wie z.B. der Volumenstatus und der Blutdruck, können großen Einfluss auf erhobene Messwerte haben. Rhythmusstörungen, insbesondere Vorhofflimmern beeinflussen ebenfalls eine Vielzahl der erhobenen Befunde und müssen entsprechend berücksichtigt werden [33–35].

Im nachfolgenden Abschnitt werden detaillierte Empfehlungen zur Durchführung der in **Tabelle 3** beschriebenen Messungen gegeben.

Tabelle 3. Routinemessungen in der Echokardiographie*	
Anlotung	Messungen
<u>Parasternale lange Achse</u>	<u>2D-Bild:</u> IVS, LVEDD, LVESD, PW, LVOT, AK-Anulus, Sinus Valsalva, STJ, AO-Asc, RVOT prox
<u>Parasternale kurze Achse, AK-Ebene</u>	<u>2D-Bild:</u> RVOT prox <u>Spektraldoppler:</u> RVOT-VTI, TR-Vmax
<u>Vierkammerblick:</u>	<u>2-D-Bild:</u> LVEDV LVESV Ejektionsfraktion LA Volumen <u>Spektraldoppler:</u> E-Geschwindigkeit A-Geschwindigkeit Dez-Zeit <u>Gewebedoppler:</u> e' med-Geschwindigkeit e' lat-Geschwindigkeit <u>Strain:</u> LV LA
<u>Rechtsventrikulär fokussierter Vierkammerblick</u>	<u>2D-Bild</u> Basaler RV-Diameter (RVD1) RA Volumen <u>M-Mode:</u> TAPSE <u>Spektraldoppler:</u> TR-Vmax <u>Strain:</u> RV
<u>Zweikammerblick:</u>	<u>2D-Bild:</u> LVEDV LVESV Ejektionsfraktion LA Volumen <u>Strain:</u> LV LA
<u>Fünfkammerblick oder Dreikammerblick</u>	<u>Spektraldoppler:</u> LVOT-VTI AK-VTI
<u>Dreikammerblick</u>	<u>Strain:</u> LV
<u>In mehreren Anlotungen möglich (bevorzugt Parasternale lange Achse, apikale lange Achse, Vierkammerblick)</u>	<u>Farbdoppler:</u> EROA, Vena contracta

*

im

Einzelfall abhängig von der Fragestellung.

7.1 Zweidimensionales Bild und M-Mode

7.1.1 Messungen in der parasternalen langen Achse (PLAX)

Linksventrikulärer enddiastolischer Innendurchmesser (LVEDD)

Diameter des Ventrikelseptums enddiastolisch (IVS)

Diameter der inferolateralen Wand, enddiastolisch (IL)

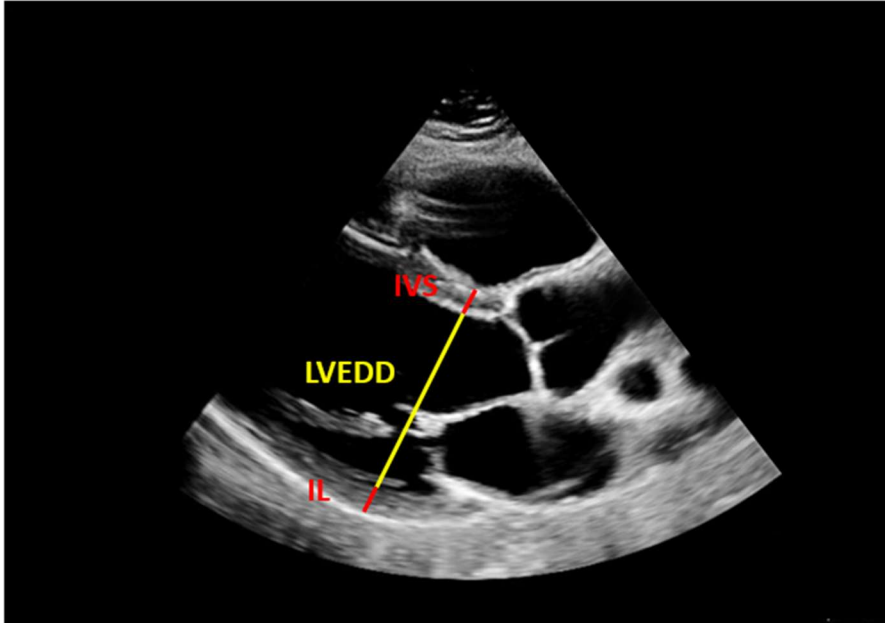
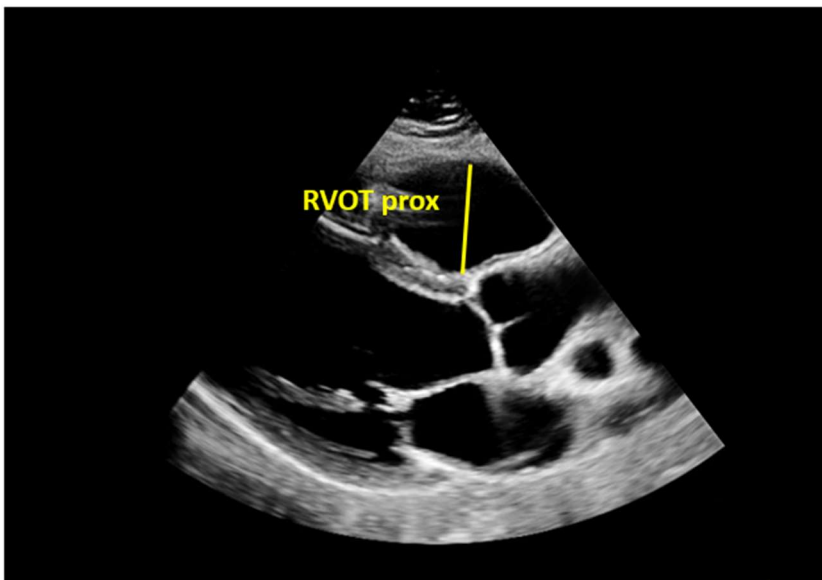


Abbildung 15: Lineare Messung des linksventrikulären enddiastolischen Innendurchmessers des linken Ventrikels (LVEDD) sowie der Dicke des Ventrikelseptums (IVS) und der inferolateralen Wand (IL).

Der Bildausschnitt sollte so optimiert werden, dass der linke Ventrikel den gesamten Bildsektor einnimmt. Der optimale Zeitpunkt für die Messung ist die Enddiastole, wenn der linke Ventrikel am größten ist (entsprechend der R-Zacke im EKG und dem Mitralklappenschluss). Die Messung sollte im rechten Winkel zur Längsachse des linken Ventrikels unmittelbar apikal der Spitze der Mitralklappensegel erfolgen [24]. Alle drei genannten Parameter werden im selben Bild gemessen. Bei der Vermessung des Ventrikelseptums dürfen keine rechtsventrikulären Strukturen wie das rechtsventrikuläre Trabekelwerk einbezogen werden. Der linksventrikuläre Durchmesser wird von Endokardgrenze zu Endokardgrenze gemessen. Bei der Messung der inferolateralen Wand muss eine genaue Abgrenzung der Wand von den Papillarmuskelanteilen sichergestellt werden (**Abbildung 15**).

Linksventrikulärer endsystolischer Innendurchmesser (LVESD)

Der systolische Innendurchmesser des linken Ventrikels wird an derselben Stelle wie der LVEDD gemessen. Die Messung erfolgt bei maximaler Kontraktion des Ventrikels, also bei minimalem Abstand zwischen interventrikulärem Septum und inferolateraler Wand. Dies geschieht üblicherweise unmittelbar bevor sich die Mitralklappe öffnet.



Enddiastolischer Diameter des proximalen rechtsventrikulären Ausflusstraktes (RVOT prox)

Abbildung 16: Enddiastolische Messung des proximalen rechtsventrikulären Ausflusstraktes (RVOT prox).

Die Messung des Durchmessers des RVOTs soll am Ende der Diastole erfolgen (**Abbildung 16**). In der PLAX-Ansicht kann der proximale RVOT orthogonal von der freien RV-Wand bis zum Übergang der Verbindung zwischen interventrikulärem Septum und Aortenklappe gemessen werden [4, 6, 24].

Linksventrikulärer Ausflusstrakt (LVOT)

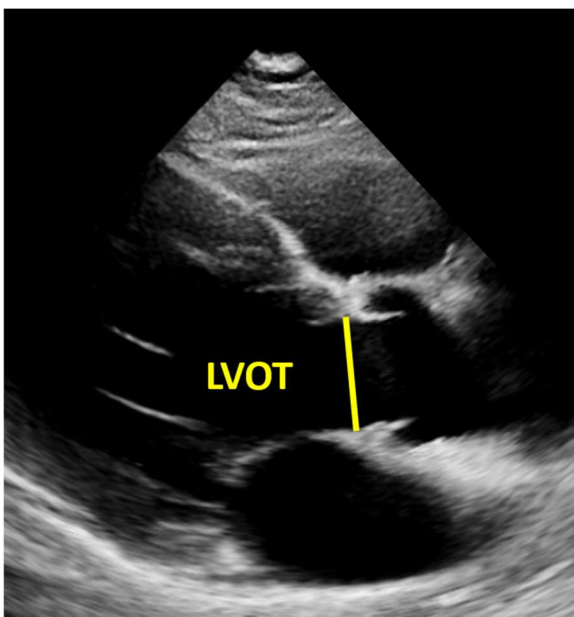


Abbildung 17: Messung des linksventrikulären Ausflusstraktes (LVOT) unmittelbar proximal des Aortenklappenannulus.

7.1	Empfehlung	Stand 2025
<i>Die LVOT-Messung sollte mitsystolisch, von Innenkante zu Innenkante („inner edge to inner edge“) im Anulus der Aortenklappe oder unmittelbar proximal des Anulus durchgeführt werden (Abb. 17).</i>		
Konsensstärke: 8/8 (100%) starker Konsens		

Die exakte Bestimmung des Durchmessers des linksventrikulären Ausflusstraktes (LVOT-Diameter) ist von entscheidender Bedeutung für die Berechnung des linksventrikulären Schlagvolumens und damit für die Evaluation der Hämodynamik, die Quantifizierung von Aortenstenosen und die Beurteilung von kardialen Shunts [28, 29]. Bereits geringfügige Ungenauigkeiten bei der LVOT-Messung können erhebliche Auswirkungen auf diese Parameter haben. Die Messung wird mitsystolisch im Zoom-Modus durchgeführt. Der LVOT-Diameter wird orthogonal zur Flussrichtung und in einer Ebene parallel zur Aortenklappe von Innenkante zu Innenkante („inner edge to inner edge“) bestimmt. Einige Experten präferieren die Messung etwa 3-10 mm proximal der Aortenklappenebene [29]. Diese Methode kann aber insbesondere dann zu Problemen führen, wenn der LVOT nicht zylindrisch geformt ist, sondern trichterförmig zuläuft oder wie ein Uhrglas geformt ist. Mittlerweile legen außerdem mehrere Studien nahe, dass eine bessere Korrelation zwischen echokardiographisch bestimmtem Schlagvolumen und invasiv bestimmtem Schlagvolumen bzw. der Schlagvolumenbestimmung im MRT erreicht werden kann, wenn die LVOT-Messung direkt auf Ebene des Aortenklappenanulus bzw. unmittelbar proximal des Aortenklappenanulus erfolgt [36, 37]. Die Messung unmittelbar proximal des Aortenklappenanulus wird deshalb empfohlen (**Abbildung 17**)

Essentiell ist in jedem Fall, dass für die Berechnung des Schlagvolumens oder die Bestimmung einer Aortenklappenöffnungsfläche mittels Kontinuitätsgleichung das Velocity Time Integral (VTI) im PW-Doppler an derselben Stelle positioniert wird, an der auch der LVOT-Durchmesser gemessen wurde (s.u.).

Aortenklappenanulus

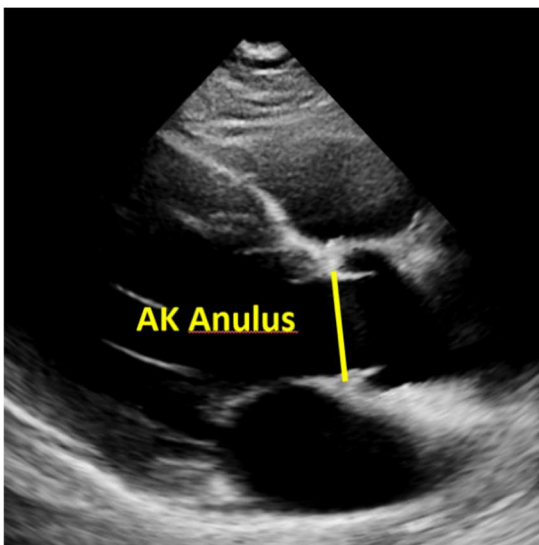


Abbildung 18: Messung des Aortenklappenanulus erfolgt systolisch

Der Aortenklappenannulus sollte systolisch bei maximal geöffneter Aortenklappe gemessen werden. Zur Sicherstellung, dass die richtige Ebene erfasst wird, sollte diastolisch die Koaptation der Aortenklappe in der Mitte des Anulus dargestellt werden. Die Messung erfolgt von Innenkante zu Innenkante („inner edge to inner edge“) (**Abbildung 18**) [24].

Aortenwurzel (= Sinus Valsalva, = Bulbus aortae)
Sinotubulärer Übergang
Proximale Aorta ascendens

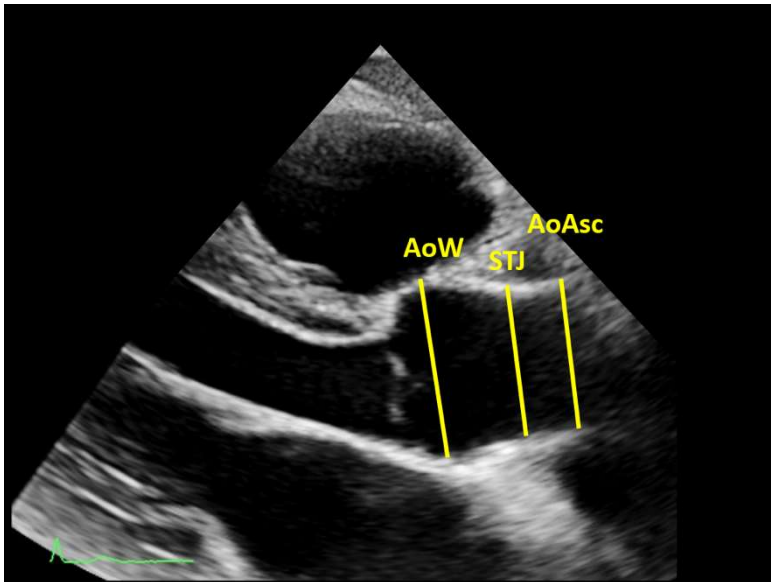


Abbildung 19: Enddiastolische Messung des Durchmessers der Aortenwurzel (AoW), des sinotubulären Überganges (STJ) und der Aorta ascendens (AoAsc)

Die Bestimmung des Durchmessers der Aortenwurzel, des sinotubulären Übergangs und des Innendurchmessers der Aorta ascendens erfolgt enddiastolisch in der parasternalen langen Achse (**Abbildung 19**). Bei Auffälligkeiten kann es sinnvoll oder notwendig sein, die Messung aus verschiedenen Intercostalräumen vorzunehmen. Die echokardiographische Messung der Aorta erfolgt enddiastolisch von Außenkante zu Innenkante („leading edge“ Methode). Diese Konvention unterscheidet sich von Messungen mittels anderer Bildmodalitäten wie CT oder MRT. Für die so durchgeführte Messung liegen aber echokardiographische Normalwerte aus großen Studien vor [38].

7.1.2 Messungen in der Parasternalen kurzen Achse (PSAX)

Enddiastolischer Diameter des proximalen Rechtsventrikulären Ausflusstraktes (RVOTprox.)

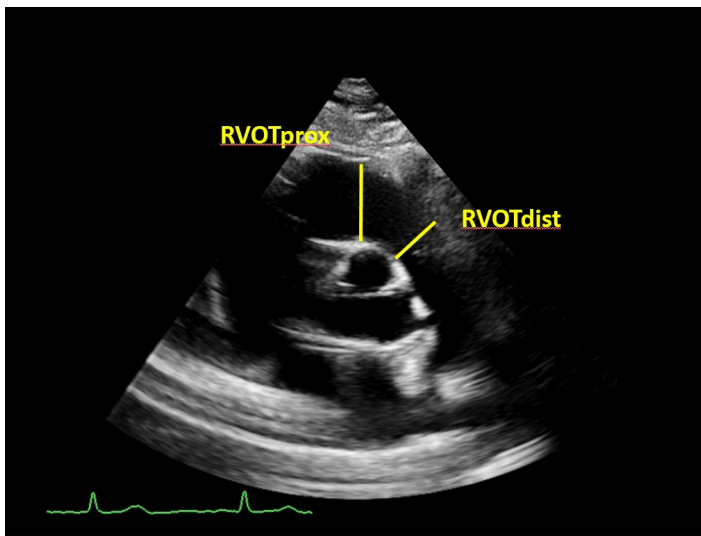


Abbildung 20: Messung in der parasternalen kurzen Achse auf Aortenklappenhöhe. Enddiastolische Messung des Durchmessers des proximalen rechtsventrikulären Ausflusstraktes (RVOTprox) und des distalen rechtsventrikulären Ausflusstraktes (RVOTdist).

Auf Höhe der Aortenklappe kann auch der proximale Durchmesser des rechtsventrikulären Ausflusstraktes (RVOT-Diameter) bestimmt werden. Ebenso lässt sich der distale RVOT-Diameter messen. Beide Messungen werden „inner-edge to inner edge“ enddiastolisch durchgeführt (**Abbildung 20**).

7.1.3 Messungen im Vierkammerblick und Zweikammerblick

Enddiastolisches Volumen des linken Ventrikels (LVEDV)

Endsystolisches Volumen des linken Ventrikels (LVESV)

Ejektionsfraktion und totales Schlagvolumen

Für die Messung der linksventrikulären Volumina wird der linke Ventrikel im Bild zentriert dargestellt, wobei der linke Ventrikel, die Mitralklappe und etwa ein Drittel des linken Vorhofs sichtbar sein sollten (**Abbildung 21**). Der Ventrikel wird entlang der Grenze zwischen „kompaktiertem“ und „nicht kompaktiertem“ Myokard umfahren. Neben den Trabekularisierungen wird auch der Mitralklappenhalteapparat, einschließlich der Papillarmuskeln, als Teil der linksventrikulären Kammer betrachtet. Bei der Messung muss beachtet werden, dass der linke Ventrikel nicht verkürzt dargestellt wurde (s. „mögliche Bilder und Loops“, „apikaler Vierkammerblick“, **Abbildung 6**).

Die linksventrikuläre Länge wird definiert als die Distanz von der Mitte der Mitralklappe zum am weitesten davon entfernten Punkt im Apex. Die Messung erfolgt sowohl enddiastolisch als auch endsystolisch. Zur genauen Erfassung sollte dies einmal im Vierkammerblick und einmal im Zweikammerblick erfolgen. Die Längsachse des linken Ventrikels sollte sich in den beiden Schnittebenen nicht um mehr als 10% unterscheiden, sonst liegt in (mindestens) einer eine erhebliche Verkürzung vor.

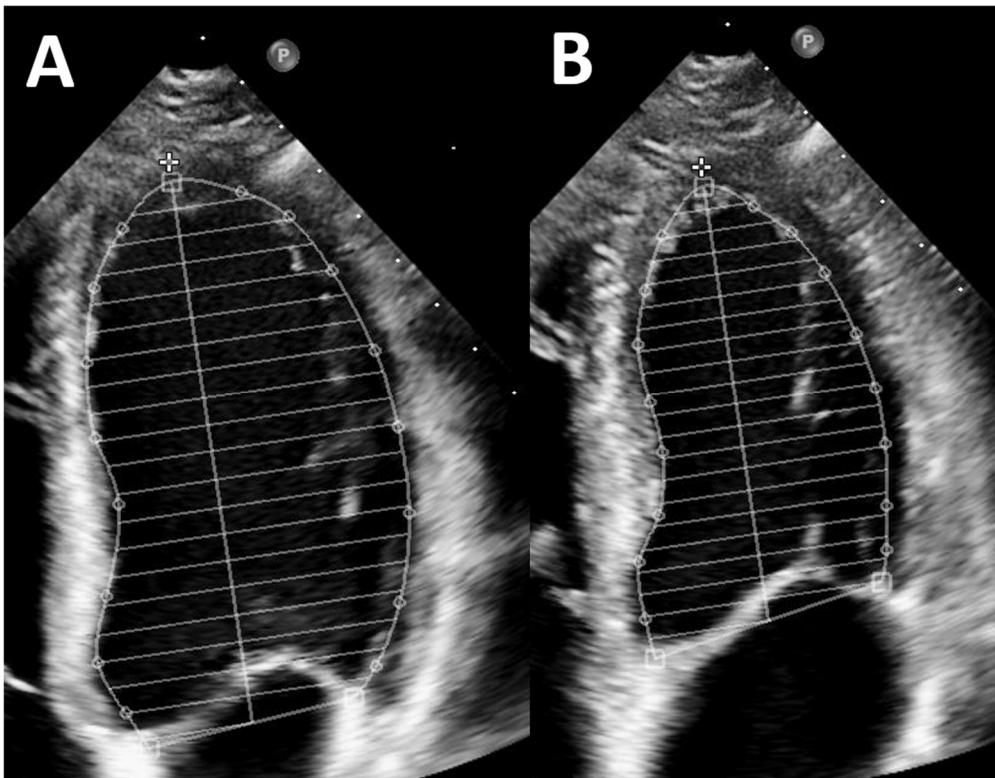


Abbildung 21: Bestimmung des linksventrikulären enddiastolischen Volumens (A) und des linksventrikulären endsystolischen Volumens (B) mittels Planimetrie.

Mit der Scheibensummationsmethode wird aus der gemessenen Fläche das entsprechende enddiastolische Volumen (LVEDV) und endsystolische Volumen (LVESV) des Ventrikels berechnet. Das totale Schlagvolumen (SV_{tot}) des Ventrikels ergibt sich aus der Differenz (LVEDV – LVESV = SV_{tot}). Die Ejektionsfraktion (EF) berechnet sich mit der Formel: $(LVEDV - LVESV) / LVEDV \times 100 = EF (\%)$ [4, 6, 24].

Endsystolisches Volumen des linken Vorhofs

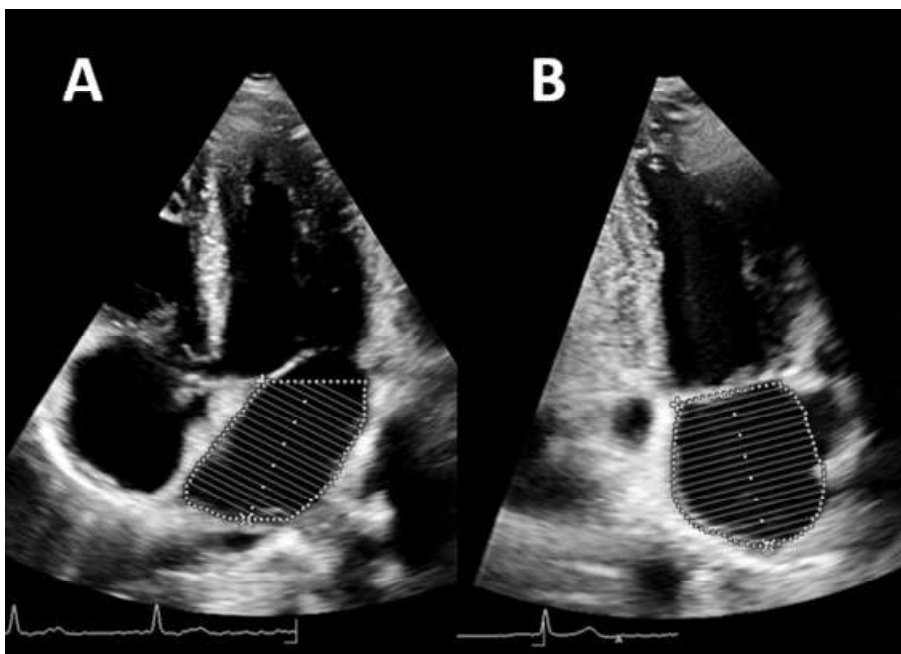


Abbildung 22: Messung des Volumens des linken Vorhofes im Vierkammerblick und Zweikammerblick.

Der Vierkammer- und Zweikammerblick sollte so optimiert werden, dass die maximale Größe des linken Vorhofs dargestellt wird. Zur Vermeidung von Verkürzung („foreshortening“ s. **Abbildung 6**) sollte kontrolliert werden, dass sich die Länge des Vorhofs zwischen den beiden Messungen um nicht mehr als 5 mm unterscheidet. Der Vorhof wird in beiden Ebenen bei maximaler Ausdehnung (endsystolisch) umfahren. Dabei sind die Lungenvenen und das linke Vorhofohr von der Messung auszuschließen. Auch die kleine, dreieckige Fläche unter dem geschlossenen Mitralklappensegel wird nicht in die Messung einbezogen (**Abbildung 22**).

Die Volumenbestimmung erfolgt nach der Scheibchensummationsmethode. Das Ergebnis wird auf die Körperoberfläche indexiert angegeben [39].

7.1.4 Messungen im rechtsventrikulär fokussierten Vierkammerblick

Basaler rechtsventrikulärer Diameter (RVD1)

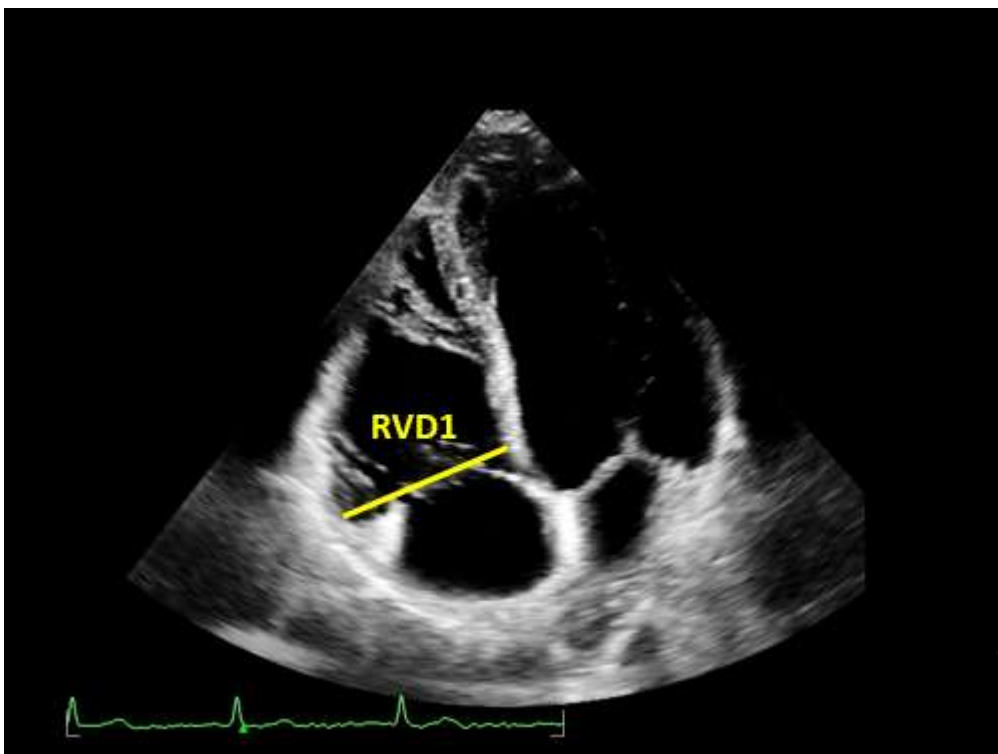


Abbildung 23: Messung des basalen Diameters des rechten Ventrikels im rechtsventrikulär fokussierten Vierkammerblick.

Zur Darstellung des rechtsventrikulär fokussierten Vierkammerblickes wird der rechte Ventrikel im Vierkammerblick gezielt eingestellt. Durch Rotation des Schallkopfes lässt sich dabei eine maximale Querausdehnung des rechten Ventrikels darstellen [40]. In dieser Darstellung kann dann enddiastolisch der basale Durchmesser des rechten Ventrikels (RV) gemessen werden (**Abbildung 23**). Es ist wichtig, dass die maximale Größe des RV durch geeignete Rotation der Untersuchungsebene um die senkrechte Sektorachse dargestellt wird. Die Messung erfolgt im basalen Drittel des RV, wobei die maximale Ausdehnung zwischen interventrikulärem Septum und freier Wand bestimmt werden sollte [24].

Endsystolisches Volumen des rechten Vorhofes (RA)



Abbildung 24: Messung der Fläche und des Volumens des rechten Vorhofs.

Die Fläche des rechten Vorhofs wird ebenfalls im rechtsventrikulär fokussierten Vierkammerblick bestimmt. Die Messung erfolgt nach Bildoptimierung endsystolisch. Wie bei der Messung des linken Vorhofs wird die kleine dreieckige Fläche unter der Klappe (Trikuspidalklappe) ausgespart. Die Volumenbestimmung erfolgt nach der Scheibchensummationsmethode (**Abbildung 24**) [24, 40].

Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE)

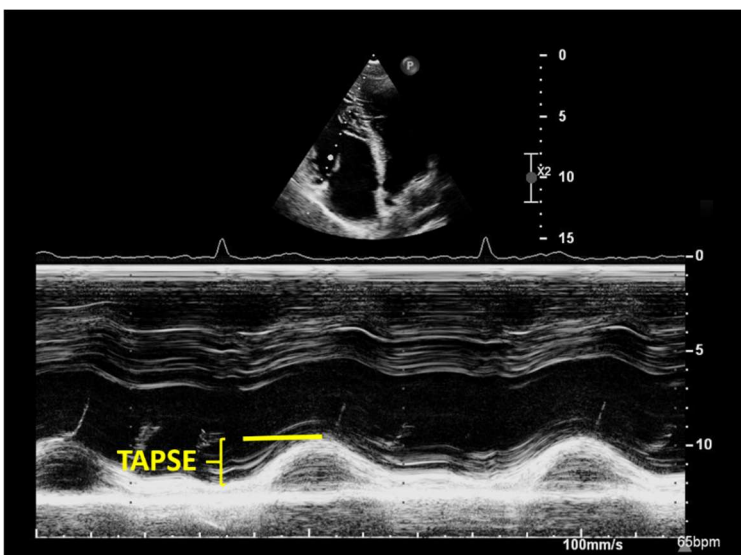


Abbildung 25: Messung der systolischen Exkursion der Trikuspidalklappenebene (TAPSE) im M-Mode.

Die Bestimmung der TAPSE („Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion“), also der systolischen Exkursion des Anulus der Trikuspidalklappe, dient der Abschätzung der longitudinalen Funktion des rechten Ventrikels. Die Messung erfolgt im M-Mode. Der M-Mode-Messstrahl muss entlang der longitudinalen Exkursion des Trikuspidalklappen-Anulus ausgerichtet werden. Im M-Mode-Bild werden ein Punkt am Ende der Diastole und ein Punkt

zum Zeitpunkt der maximalen systolischen Exkursion gesetzt (**Abbildung 25**). Der vertikale Abstand zwischen diesen beiden Punkten in Millimetern entspricht der TAPSE [24, 40].

7.2 Spektraldoppler-Messungen

7.2.1 Messungen in der parasternalen kurzen Achse (PSAX)

PW-Doppler-Messung über dem RVOT

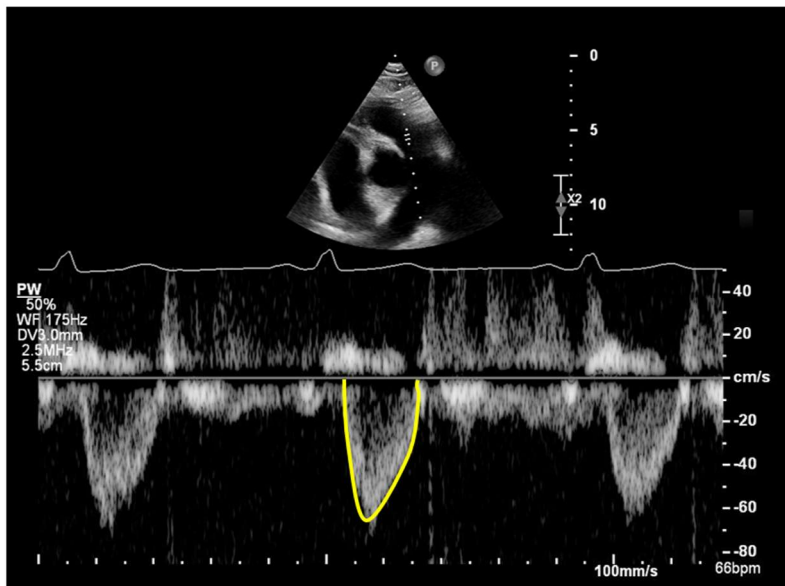


Abbildung 26: Messung des Geschwindigkeitsintegrals im rechtsventrikulären Ausflusstrakt.

Zur Bestimmung des rechtsventrikulären Schlagvolumens wird das Velocity-Time-Integral (VTI) im rechtsventrikulären Ausflusstrakt gemessen. Die Messung muss an derselben Stelle erfolgen, an der auch der Durchmesser im 2D-Bild bestimmt wurde (**Abbildung 26**). Alternativ wird von einigen Experten die Messung der VTI und des Durchmessers weiter distal in der Pulmonalarterie präferiert.

CW-Doppler-Messung über der Trikuspidalklappe

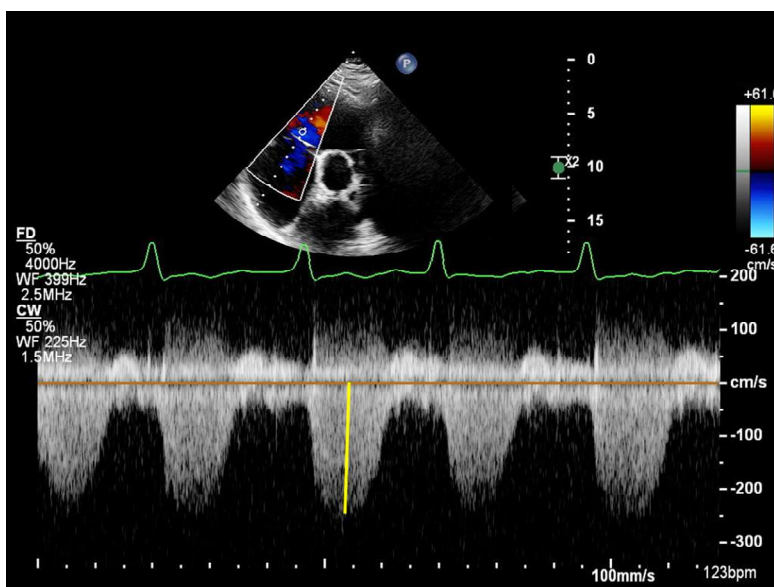


Abbildung 27: Messung der maximalen Geschwindigkeit eines Trikuspidalklappenregurgitationsjets in der parasternalen kurzen Achse.

Bei Vorliegen einer Trikuspidalklappeninsuffizienz kann die maximale Geschwindigkeit des Regurgitationssignals über der Trikuspidalklappe mittels CW-Doppler gemessen werden. Da Winkelfehler bei der Messung in der parasternalen kurzen Achse (PSAX) nicht selten sind (**Abbildung 27**), wird die Messung im fokussierten Vierkammerblick bevorzugt (**Abbildung 30**). Falls jedoch apikal kein ausreichend gutes Schallfenster verfügbar ist, kann die Messung in der PSAX die einzige valide Option darstellen.

7.2.2 Messungen im Vierkammerblick

PW-Doppler-Messung im transmitralen Einstrom

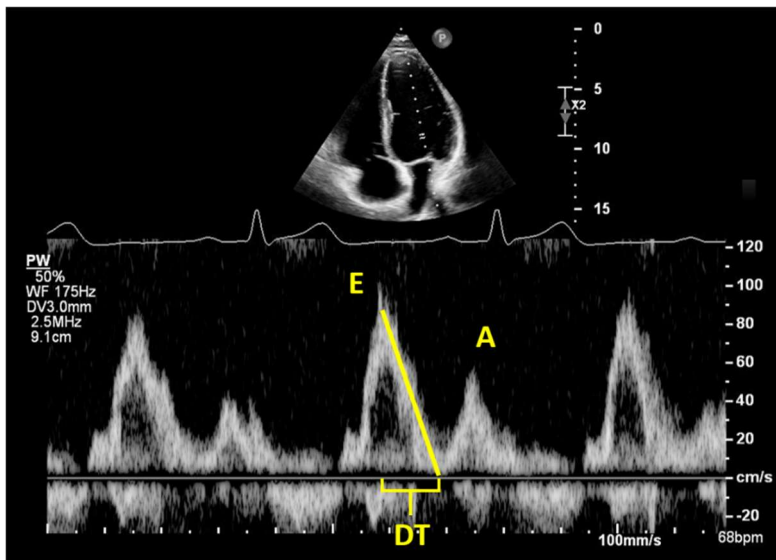


Abbildung 28: Transmitrales Einstromprofil. E: E-Welle; A: A-Welle; DT: Dezelerationszeit.

Der PW-Doppler-Messstrahl sollte im Vierkammerblick orthograd in Richtung des transmitralen Einstroms ausgerichtet sein. Die axiale Länge des Messvolumens sollte eine Größe von 1-3 mm haben und direkt distal der Spitzen der Mitralklappensegel positioniert werden. Routinemäßig werden die E-Geschwindigkeit, die A-Geschwindigkeit und die Dezelerationszeit der E-Welle gemessen [4, 6, 31, 41] (**Abbildung 28**).

Gewebedoppler des medialen und lateralen Mitralklappenannulus

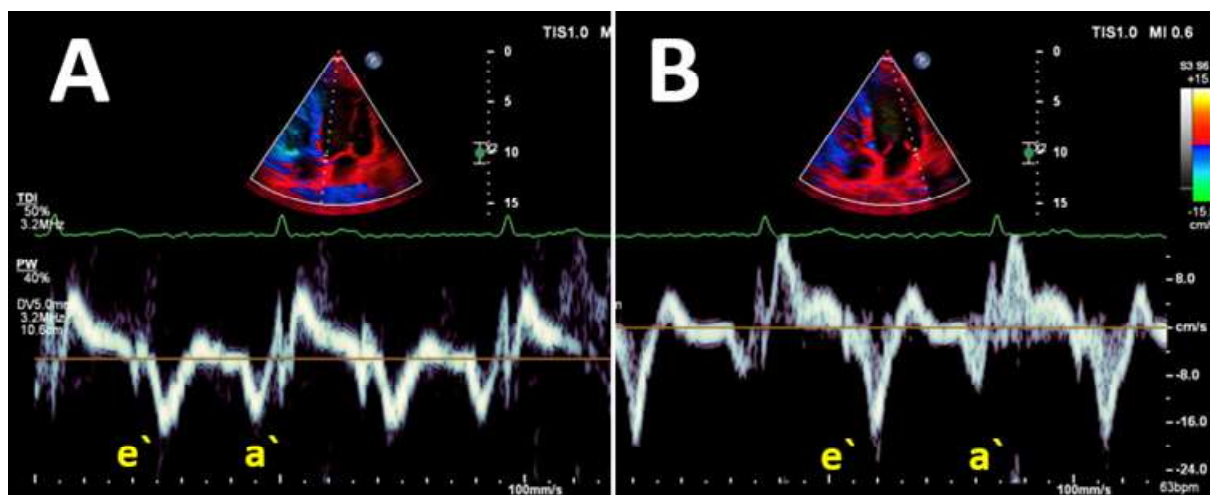


Abbildung 29: Gewebedoppler des septalen (A) und lateralen (B) Mitralklappenannulus. Bestimmung der Geschwindigkeiten e' und a' .

Der Gewebedoppler wird zur Messung der longitudinalen Bewegung des Mitralklappenannulus verwendet. Der Messstrahl sollte möglichst orthograd zur Bewegungsrichtung des Anulus ausgerichtet werden. Das Messvolumen sollte etwa 5-10 mm betragen. Es werden die laterale und mediale e' -Welle am Anulus oder in unmittelbarer Nähe (maximal 10 mm Abstand zur Mitralklappeninsertion) gemessen (Abbildung 29). Der Mittelwert der medialen und lateralen e' -Geschwindigkeit wird zur Bestimmung des E/e' -Verhältnisses herangezogen [4, 6, 31, 41, 42].

7.2.3 Messungen im rechtsventrikulär fokussierten Vierkammerblick

CW-Doppler-Messung über der Trikuspidalklappe

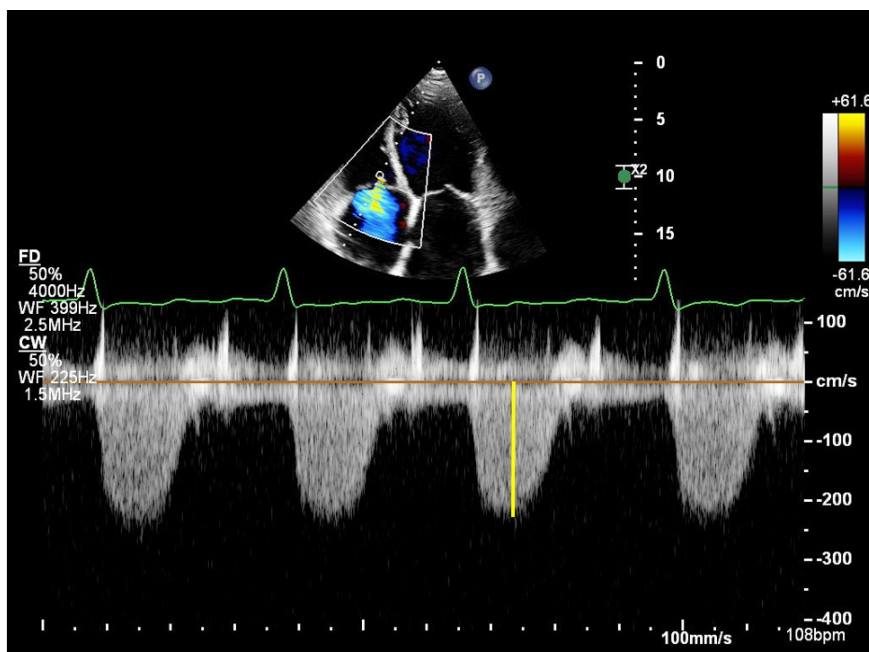


Abbildung 30: Messung der maximalen Geschwindigkeit eines Trikuspidalklappenregurgitationsjets im Vierkammerblick.

Im rechtsventrikulär fokussierten Vierkammerblick kann die maximale Geschwindigkeit des Regurgitationssignals über der Trikuspidalklappe mittels CW-Doppler bestimmt werden (siehe **Abbildung 30**). Der Messstrahl des CW-Dopplers muss in Flussrichtung ausgerichtet sein. Außerdem sollte darauf geachtet werden, dass nur der sichtbare Teil der VTI-Hüllkurve für die Messung herangezogen wird. Die Messung soll bei optimalem Gain und Wandfilter erfolgen, damit eine gut definierte Spektralkörperkurve sichtbar ist. Für ein valides Signal ist mindestens eine diskrete Trikuspidalklappeninsuffizienz erforderlich. Bei hochgradigen oder schweren Trikuspidalinsuffizienzen ist die Messung bzw. der daraus berechnete rechtsventrikuläre systolische Druck oft nicht verlässlich und wird tendenziell unterschätzt [4, 6, 40].

7.2.4 Messungen im Fünfkammerblick oder der apikalen langen Achse PW-Doppler-Messung im linksventrikulären Ausflusstrakt

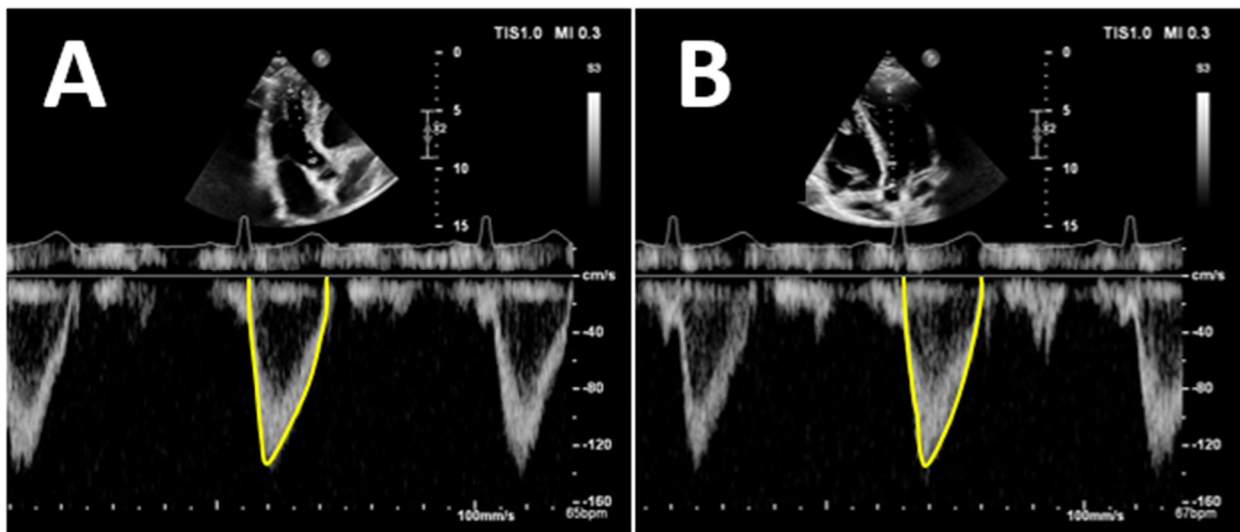


Abbildung 31: Messung der maximalen Geschwindigkeit und des Geschwindigkeitszeitintegrals mittels PW-Doppler im LVOT im Dreikammerblick (A) und alternativ im Fünfkammerblick (B).

Die korrekte Messung, zusammen mit der Bestimmung des LVOT-Durchmessers, ist entscheidend für die Berechnung des linksventrikulären Schlagvolumens. Der Messstrahl sollte in Flussrichtung orientiert werden. Das Sample Volume muss an derselben Stelle platziert werden, an der auch die LVOT-Durchmesser-Messung erfolgt ist (siehe oben). Diese Positionierung gelingt häufig leichter in der apikalen langen Achse (Dreikammerblick, AP3), da diese Ebene der parasternalen langen Achse entspricht und somit die Strukturen identisch abgebildet werden [14]. Alternativ ist auch eine Messung im Fünfkammerblick möglich und wird häufig durchgeführt [4, 6]. Das resultierende Flusssignal sollte einen laminaren Charakter aufweisen (**Abbildung 31**). Der Nachweis eines Klappenschlussklicks ist ein Hinweis für die korrekte Position des „sample volumes“ im LVOT. Ein sichtbares Klappenöffnungssignal ist ein Hinweis dafür, dass sich das „sample volume“ zu nah an der Klappe befindet [43].

CW-Doppler-Messung über der Aortenklappe

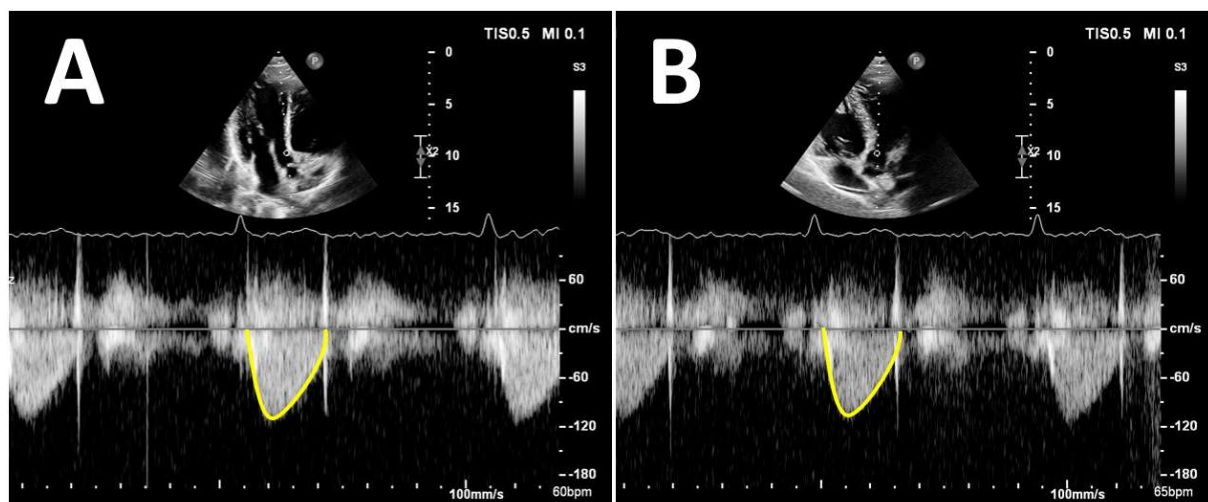


Abbildung 32: Messung der maximalen Geschwindigkeit und des Geschwindigkeitszeitintegrals mittels CW-Doppler über der Aortenklappe im Dreikammerblick (A) und alternativ im Fünfkammerblick (B).

Der Messstrahl muss in der apikalen Längs Achse (Dreikammerblick) oder im Fünfkammerblick in Flussrichtung ausgerichtet werden, wobei Winkelfehler vermieden werden sollten. Es werden die maximale Geschwindigkeit und das Geschwindigkeitszeitintegral über der Aortenklappe gemessen. Nach der modifizierten Bernoulli-Gleichung kann daraus der maximale und mittlere Gradient über der Klappe berechnet werden. Diese Messung ist insbesondere zur Quantifizierung von Aortenklappenstenosen von Bedeutung [4, 6, 28, 29] (siehe **Abbildung 32**).

7.3 Messungen im Farbdopplermodus

Der Farbdoppler dient dem Nachweis von Blutströmungen sowie einer orientierenden Darstellung von Flussgeschwindigkeiten und Turbulenzen. Die präzise Quantifizierung von Flussgeschwindigkeiten erfolgt in der Regel mit dem Spektraldoppler. Dennoch spielt die Farbdopplermessung eine wesentliche Rolle bei der Quantifizierung von valvulären Insuffizienzen, Shunts und Fisteln. Besonders bewährt haben sich hierbei die Parameter Vena contracta und die Bestimmung der effektiven Regurgitationsöffnungsfläche („Effective Regurgitant Orifice Area“ - EROA).

Bestimmung der Vena contracta (VC)

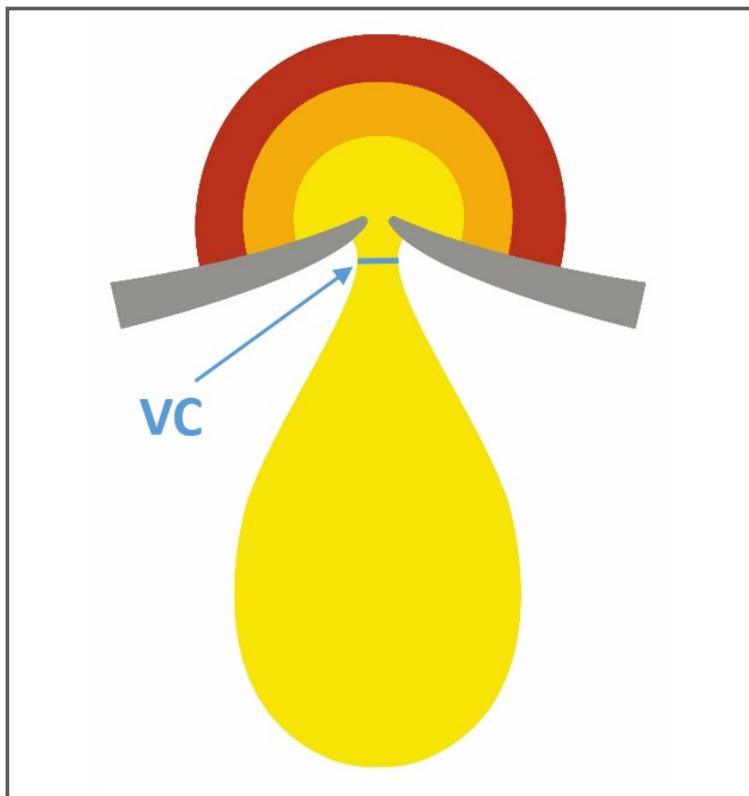


Abbildung 33: Schematische Darstellung eines typischen Regurgitationsjets mit Vena contracta (VC)

Das systolische Farbdopplerflusssignal über einer insuffizienten Klappe hat eine typische Konfiguration mit halbkugelförmiger Aliasingzone, Verengung zur Vena contracta und nachfolgender Ausbreitung zur Jetwolke (**Abbildung 33**). Die Vena contracta (VC) ist dabei die engste Stelle des Jets und befindet sich unmittelbar flussabwärts der anatomischen Verengung, an der der Jet beginnt (z.B. Niveau der Segelkoaptation der Klappe). Die Breite der VC korreliert mit der Schwere der Insuffizienz und ist relativ unabhängig von Störfaktoren. Die Messung sollte idealerweise mit axialer Auflösung, d.h. rechtwinklig zur Flussrichtung erfolgen (z.B. in der parasternalen langen Achse bei Mitral- oder Aortenklappeninsuffizienz), da dies die räumliche Auflösung des Ultraschallbildes maximiert. Auch die Messung im Vierkammerblick ist sinnvoll, die räumliche Auflösung jedoch schlechter. Vorsicht ist bei der Messung der VC einer Mitralklappeninsuffizienz im Zweikammerblick geboten, da es hier möglicherweise zu mehrfachen „Schnitten“ der Kommissur kommen kann, was zu einer Überschätzung des Schweregrades der Insuffizienz führen könnte. Für detaillierte Informationen wird auf die entsprechende Literatur verwiesen [10, 14, 30, 32].

Bestimmung der EROA bei valvulären Insuffizienzen

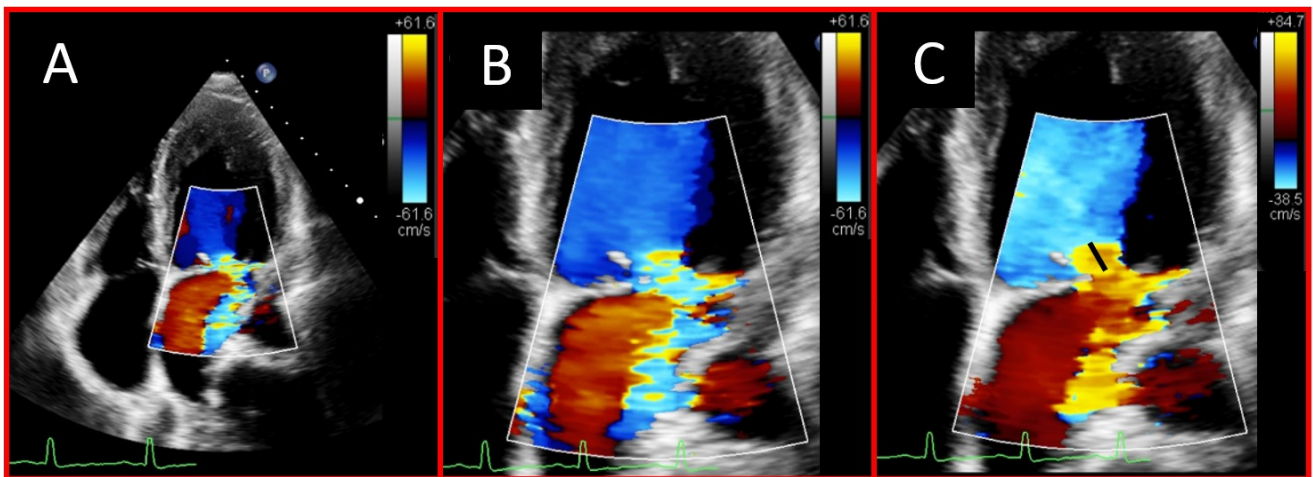


Abbildung 34: Typische Änderungen der Geräteeinstellung zur Bestimmung des PISA-Radius. A: Routineeinstellung des Gerätes; B: Fokussierung auf den Insuffizienzjet; C: Verschieben der Nulllinie der Farbskala des Farbdopplers in Richtung Insuffizienzjet zur besseren Darstellung der PISA-Zone.

Bei einigen Geräten ist routinemäßig die „Varianz“-Funktion im Farbdoppler aktiviert. Diese muss vor der Bestimmung der Effektiven Regurgitationsöffnungsfläche („effective regurgitant orifice area“; EROA) deaktiviert werden. Danach wird die Insuffizienz bei der normalen Farbdopplereinstellung fokussiert (**Abbildung 34 B**). Anschließend sollte die Nulllinie der Farbskala der Pulswiederholungsfrequenz in Richtung der Insuffizienz verschoben werden, wobei eine Geschwindigkeit von 30 bis 40 cm/s angestrebt werden sollte (**Abbildung 34 C**). Flussaufwärts der Insuffizienz zeigt sich ein halbkreisförmiger Bereich gleicher Flussgeschwindigkeiten, die Flusskonvergenzzone. Der Abstand von der Koaptation bzw. der Koaptationslücke bis zur im Idealfall vorhandenen halbkreisförmigen Konvergenzzone („proximal isovelocity surface area“ – PISA) ist der PISA-Radius, der gemessen wird. Zusätzlich wird das Regurgitationssignal im CW-Doppler gemessen, um die maximale Regurgitationsgeschwindigkeit und das Zeitintegral der Regurgitationsgeschwindigkeit zu bestimmen. Die Bestimmung der EROA und des Regurgitationsvolumens sowie die Interpretation der Befunde ist komplex und bedarf eines nachhaltigen Verständnisses der

Methode. Für detaillierte Informationen zu den physikalischen Grundlagen, Formeln sowie den Limitationen der Methode wird auf die entsprechende Literatur verwiesen [10, 14, 30, 32].

8. Befunddokumentation und Befundschreibung

8.1	Empfehlung	Stand 2025
	Der abschließende Befund einer Echokardiographie sollte umfassen: • Name, Geburtsdatum und ID • Größe und Gewicht • Herzrhythmus • Erhobene Messwerte Einen kurzen Text, der die wesentlichen erhobenen Befunde zusammenfasst ggf. mit Angaben zur besonderen hämodynamischen Situation	
	Konsensstärke: 8/8 (100%) starker Konsens	

Die Standardisierung der Dokumentation des erhobenen echokardiographischen Befundes verbessert die Vergleichbarkeit von seriellen Untersuchungen, sie erleichtert die Kommunikation von Behandelnden und sie erleichtert den Vergleich von Untersuchungen durch verschiedene Untersucher und Labors. Der echokardiographische Befund sollte neben den Patientendaten auch die Größe und das Gewicht der Patientin bzw. des Patienten enthalten. Außerdem sollte der Herzrhythmus (Sinusrhythmus, Vorhofflimmern, Tachykardie, Bradykardie, gehäufte Extrasystolen) angegeben werden. Besondere hämodynamische Situationen wie eine hypertensive Entgleisung, eine Entgleisung des Volumenstatus oder eine Katecholamintherapie können großen Einfluss auf erhobene Befunde haben. Wenn eine solche besondere hämodynamische Situation vorliegt, sollte sie im Befund erwähnt und ggf. diskutiert werden.

Die während der Untersuchung erhobenen Messwerte werden von modernen Echokardiographiegeräten bzw. Befundungsprogrammen automatisch in den abschließenden Befundbericht übernommen. Diese Werte müssen in sich schlüssig, plausibel und überprüfbar sein. Sollen auch Normalwerte angegeben werden so ist auf deren Aktualität und Übereinstimmung mit den neusten Empfehlungen zu achten [24, 44, 45].

Der Befund sollte ansonsten in einem kurzen Text einen umfassenden Eindruck über die kardiale Anatomie und Funktion zum jeweiligen Untersuchungszeitpunkt verschaffen. Dieser Text sollte auch für nicht in der Echokardiographie bewandertes medizinisches Personal verständlich sein.

Der nachfolgende Text steht exemplarisch für einen solchen Bericht:

„Normal großer, nicht-hypertrophierter linker Ventrikel, mit normaler systolischer linksventrikulärer Funktion ohne regionale Wandbewegungsstörung. Unauffällige diastolische Funktion. Linkes Atrium, rechte Herzhöhlen und einsehbare Aorta normal weit. Normale rechtsventrikuläre Funktion. Kein Perikarderguss. Herzklappen zart, kein höhergradiges Klappenvitium, geringe Trikuspidalklappen-insuffizienz mit einem RVSP von n.n. mmHg + ZVD. Vena cava nicht dilatiert und inspiratorisch kollabierend“

Basierend auf Kennzahlen aus der aktuellen Literatur wird der durchschnittliche Zeitaufwand für die Durchführung und Berichterstattung einer umfassenden transthorakalen echokardiographischen Untersuchung bei Personen mit „normaler“ Herzanatomie und ohne relevante Pathologie auf 40-45 Minuten geschätzt [6, 46]. Diese Zeit kann in Abhängigkeit von der Erfahrung der/des Untersuchenden variieren. Bei komplexen Pathologien oder der sorgsam Graduiierung von höhergradigen Herzklappenvitien kann eine umfassende Evaluation auch deutlich mehr Zeit benötigen, insbesondere wenn aufwendige

Nachbearbeitungen wie beispielsweise die Berechnung von 3D-Volumina, Regurgitationsvolumina oder Strainanalyse ergänzt werden [47, 48].

9. Fokussierte kardiale Ultraschalluntersuchung

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der fokussierten Ultraschalluntersuchung des Herzens (sog. "focused-cardiac-ultrasound"), die patientenseitig (Point-of-Care) und speziell in Notfallsituationen, zur Abklärung in Situationen akuter hämodynamischer Instabilität und im Rahmen von Reanimationen eingesetzt wird. Der Begriff fokussierter kardialer Ultraschall ist dabei als Synonym für den Begriff fokussierte Echokardiographie und dem Begriff fokussierte Ultraschalluntersuchung des Herzens zu sehen. Davon abzugrenzen ist die umfassende Echokardiographie („comprehensive echocardiography“). Empfehlungen dieses Kapitels zum fokussierten Ultraschall können von den Empfehlungen der bisherigen Kapitel abweichen.

Der fokussierte kardiale Ultraschall erfolgt beispielsweise im Notarztdienst, in der Notfallambulanz, einer Intensivstation oder im Operationssaal.

Charakteristisch für eine fokussierte Untersuchung des Herzens ist ein begrenzter Untersuchungsumfang, der den zeitlichen Limitationen einer Notfallsituation gerecht wird. Entscheidend ist, dass die Untersuchung problemorientiert erfolgt und die erhobenen Befunde eher qualitativer und semiquantitativer Natur sind [49]. Sie zielt zudem darauf ab, unmittelbare therapeutische Konsequenzen zu ermöglichen.

9.1	Empfehlung	Stand 2025
Ein fokussierter kardialer Ultraschall sollte in den folgenden Situationen durchgeführt werden:		
• Evaluierung der Anatomie und Funktion des Herzens in Notfallsituationen • Akute hämodynamische Instabilität • Akute respiratorische Insuffizienz mit V.a. eine kardiale Genese • Reanimation		
Konsensstärke: 8/8 (100%) starker Konsens		

In der medizinischen Fachliteratur existiert eine Vielzahl von Einzelstudien, die das Thema der fokussierten Ultraschalluntersuchung des Herzens untersucht haben. Wie bei vielen anderen medizinischen Themen gibt es in Einzelstudien unterschiedliche Aussagen hinsichtlich des Nutzens dieser Technik, jedoch scheint deren Vorteil zur "kardialen" Notfallabklärung zu überwiegen [50, 51].

9.1 Ablauf der fokussierten kardialen Ultraschalluntersuchung

9.2	Empfehlung	Stand 2025
Die fokussierte Ultraschalluntersuchung des Herzens, sollte folgende Schnittebenen einschließen (Abb. 34):		
• Subkostale lange Achse • Subkostaler Blick auf die Vena cava inferior • Parasternale lange Achse • Parasternale kurze Achse, in der mittpapillären Ebene • Apikaler Vierkammerblick		
Konsensstärke: 8/8 (100%) starker Konsens		

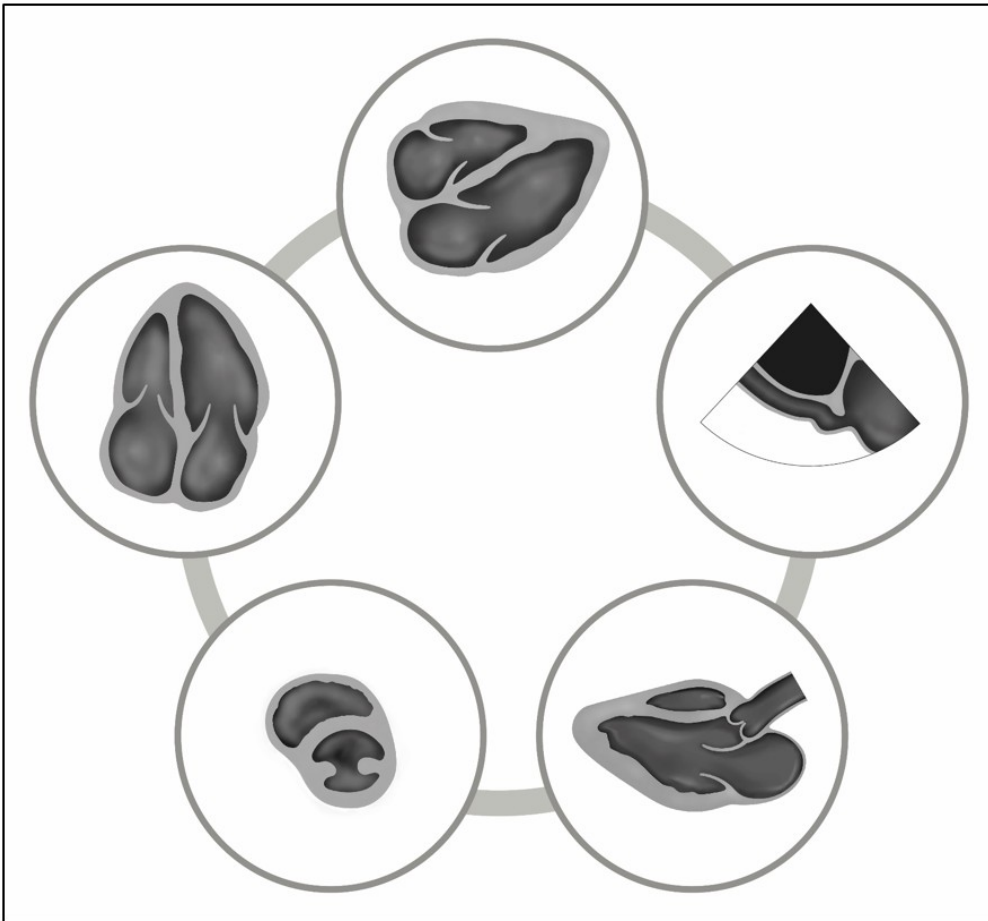


Abbildung. 35: FoCUS-Schema als Beispiel für den fokussierten kardialen Ultraschall

Bei der Durchführung einer fokussierten Ultraschalluntersuchung des Herzens ist es erforderlich, dass der/dem Untersuchenden neben einem strukturierten Untersuchungsablauf, auch die normalen und physiologischen Befunde, wesentliche pathologische Veränderungen und die Limitationen der kardialen Ultraschalluntersuchung bekannt sind.

Üblicherweise werden bei einer fokussierten Ultraschalluntersuchung einfache und strukturierte Untersuchungsprotokolle eingesetzt. Da insbesondere in Notfallsituationen eine schnelle und behandlungsorientierte Untersuchung erforderlich sein kann, eignet sich ein standardisiertes Vorgehen. Mehrere Arbeiten haben die Zuverlässigkeit dieser standardisierten Protokolle in verschiedenen klinischen Situationen gezeigt [52, 53].

In der medizinischen Fachliteratur finden sich verschiedene Untersuchungsabläufe, die alle eine standardisierte Herangehensweise verfolgen. Als bekannteste Beispiele seien die Protokolle FATE ("Focussed Assessed Transthoracic Echocardiography" [54]; FEER/L ("Focused Echocardiographic Evaluation in Resuscitation/Life Support" [55] und das FoCUS Protokoll genannt [49]. Das FoCUS Protokoll wurde evidenzbasiert erstellt und kann deshalb als wissenschaftlich fundiert angesehen werden. Aus diesem Grund wird der Einsatz dieses Protokolls favorisiert. So haben dieses Protokoll auch verschiedene internationale Fachgesellschaften in ihre Leitlinien aufgenommen [49, 56–58].

Bei einer fokussierten Ultraschalluntersuchung des Herzens kommen nicht alle Schnittebenen einer umfassenden Echokardiographie zum Einsatz. Dennoch ist es mit einer limitierten und standardisierten Anzahl von Schnittebenen (subkostale kurze und lange Achse, parasternale kurze und lange Achse und apikaler Vierkammerblick) möglich, eine zielgerichtete

hämodynamische Abklärung vorzunehmen [49]. Ideal ist die Kombination mehrerer Schnittebenen, jedoch kann die klinische Situation (z.B. Wiederbelebung) nur eine einzige Schnittebene erlauben. Gleiches gilt bspw. bei abdominalchirurgischen Eingriffen mit möglicher Reduktion der Anlotungsmöglichkeiten ausschließlich auf parasternale Ebenen [59]. Bei anliegenden Wundverbänden kann z.B. nach einem Eingriff am Thorax nur ein apikaler Zugangsweg möglich sein. Andererseits kann es in speziellen Situationen auch sinnvoll sein, weitere Schnittebenen zu ergänzen. Als Beispiel ist hier die suprasternale Anlotung zur intraoperativen Abklärung einer Volumenreagibilität zu nennen (Feissel 2001).

Da die subkostalen Schnittebenen als einfacher Zugangsweg für die Ultraschalluntersuchung des Herzens gelten und insbesondere in Rückenlage sowie bei beatmeten Patientinnen und Patienten gute Schallbedingungen bieten, wird im FoCUS Schema mit dieser Schnittebene begonnen. Es folgt der subkostale Blick auf die Vena cava, dann die parasternale lange Achse, dann die parasternale kurze Achse auf Papillarmuskelebene und zuletzt der apikale 4 Kammerblick (**Abbildung 35**). Details zu den einzelnen Schnittebenen s. Kapitel 5.

9.2 Geräteeinstellungen

Zur Durchführung einer fokussierten Ultraschalluntersuchung des Herzens eignet sich eine echokardiographische Standardeinstellung, also ein Routine-Preset. Um eine gute Eindringtiefe zu gewährleisten, sollte primär eine niedrige Untersuchungsfrequenz gewählt werden. Zur visuellen Beurteilung des linken Ventrikels im apikalen Vierkammerblick empfiehlt sich die Eindringtiefe auf ca. 15 cm einzustellen. Die Nyquist-Grenze zur Beurteilung der Klappen mittels Farbdoppler soll auf 50-70 cm/s eingestellt werden [4]. Insbesondere bei schwierigen Untersuchungsbedingungen ist, auch wenn die zeitliche Auflösung darunter leidet, eine große Sektorbreite des Schallfensters vorteilhaft.

9.3 Die wichtigsten Fragestellungen

9.3	Empfehlung	Stand 2025
Die wichtigsten Fragestellungen der fokussierten kardialen Ultraschalluntersuchung sind		
- Links- und rechtsventrikuläre Größe - Stellung des Kammerseptums - globale und regionale ventrikuläre Funktion - intravasaler Volumenstatus - Stellung des Vorhofseptums - Perikarderguss und Tamponadezeichen - Anhaltspunkte für eine chronische Herzinsuffizienz - Schwerwiegende Klappenpathologien - kardiale Raumforderungen (z.B. Thromben, endokarditische Auflagerungen)		
Konsensstärke: 8/8 (100%) starker Konsens		

Die zuvor genannten Fragestellungen basieren auf den internationalen evidenzbasierten Empfehlungen zum fokussierten Ultraschall des Herzens [49].

Im Rahmen einer fokussierten Ultraschalluntersuchung des Herzens werden insbesondere der aktuelle Volumenzustand, der hämodynamische Status und Ursachen einer hämodynamischen Instabilität untersucht. Ebenso können mögliche Ursachen eines Herzkreislaufstillstandes diagnostiziert werden. Auch eine Prädikation des Reanimationserfolges ist teilweise möglich [60]. Die Beurteilung der Ultraschallbilder soll in der Regel visuell erfolgen, differenzierte Messmethoden kommen üblicherweise nicht zum Einsatz. Jedoch kann mit einfacheren Messmethoden eine semi-quantitative Beurteilung,

beispielsweise der Pumpfunktion oder der Größe eines Insuffizienzjets, vorgenommen werden. Abhängig vom Ausbildungsstand der Untersucherin bzw. des Untersuchers und von der klinischen Situation (vitaler Notfall versus dringliche Abklärung) können Untersuchungen auf verschiedenen Niveaus zum Einsatz kommen.

Die im Folgenden vorgeschlagenen Fragestellungen der Basisuntersuchung und der erweiterten fokussierten Untersuchung können zugleich als einfaches Schema zur Dokumentation der Untersuchungsergebnisse dienen:

A) Basisuntersuchung

Im Rahmen einer Basisuntersuchung, die insbesondere in akuten Notfallsituationen zum Einsatz kommt, können die folgenden Fragestellungen evaluiert werden (mod. Nach [61]).

Tabelle 4. Fragestellungen einer fokussierten Basis-Ultraschalluntersuchung des Herzens	
Perikarderguss	Ja / Nein
Zeichen der Perikardtamponade	Ja / Nein
Linksventrikuläre Vergrößerung	Ja / Nein
Linksventrikuläre systolische Funktion	normal / leicht reduziert / hochgradig reduziert / hyperkinetisch / Kreislaufstillstand
Rechtsventrikuläre Vergrößerung / rechtsventrikuläre Funktionseinschränkung	Ja / Nein
Diameter der Vena cava inferior	Normal / dilatiert / kollaptisch
Atemvariabilität des Diameters der VCI	Normal / reduziert / nicht vorhanden

B) Erweiterte Untersuchung

Aufbauend auf die Basisuntersuchung kann die erweiterte, fokussierte Untersuchung des Herzens auf die folgenden hämodynamisch und unmittelbar therapielevanten Veränderungen abzielen (mod. nach (modifiziert nach [61])).

Tabelle 5. Mögliche Fragestellungen einer erweiterten, fokussierten Ultraschalluntersuchung des Herzens	
Visuelle Erweiterung der Aorta ascendens	Ja / Nein
Hinweise für eine Aortendissektion (Aorta ascendens / Aorta descendens)	Ja / Nein
Visuelle Einschätzung der linksventrikulären EF	% (in 10% Schritten)
Linksventrikuläre Wandbewegungsstörungen	Ja Nein
LV-Obstruktion / SAM	Ja Nein
Ausgeprägte linksventrikuläre Hypertrophie	Ja Nein
Links atriale Vergrößerung	Ja / Nein
Schwere valvuläre Pathologie	Ja: () MI () MS () AI () AS () TI Nein
V.a. Strukturelle Pathologie	Ja: () Thrombus () Tumor () Vegetation () Septumdefekt Nein

SAM: Systolic Anterior Movement des ant. Mitralklappensegels; MI: Mitralklappeninsuffizienz; MS: Mitralklappenstenose; AS: Aortenklappenstenose; AI: Aortenklappeninsuffizienz; TI: Trikuspidalinsuffizienz; EF: Ejektionsfraktion.

9.4 Vorgehen bei eingeschränkter Bildqualität

9.4	Empfehlung	Stand 2025
	Wenn eine suffiziente Darstellung in der fokussierten kardialen Ultraschalluntersuchung nicht gelingt, sollte eine andere Untersucherin bzw. ein anderer Untersucher hinzugezogen werden und/oder es sollte ein anderes diagnostisches Verfahren eingesetzt werden.	
	Konsensstärke: 8/8 (100%) starker Konsens	

Wenn trotz optimierter Geräteeinstellungen nur eine eingeschränkte Bildqualität erreichbar ist und der Befund einer fokussierten Ultraschalluntersuchung unmittelbar die Behandlung beeinflussen würde, wird empfohlen, die Untersuchung von einer/einem weiterer/weiterem in dieser Technik ebenfalls geschulten Untersucherin/Untersucher fortsetzen zu lassen. Erfahrungs- und Ausbildungsstand können bei verschiedenen Untersuchenden variieren, insofern kann es sein, dass einem weiteren Untersuchenden eine gute Darstellung gelingen kann.

Kann bei einer Akutuntersuchung keine ausreichende Bildgebung erreicht werden oder keine weitere Untersucherin bzw. kein weiterer Untersucher zur Verfügung stehen sollte die Untersuchung durch andere bildgebende Verfahren (z.B. notfallmäßige fokussierte transösophageale Echokardiographie - Notfall-TEE, oder CT-Bildgebung) oder Diagnostik (z.B. invasive Verfahren) ergänzt werden.

9.5 Messungen

Bei einer fokussierten Ultraschalluntersuchung des Herzens erfolgt die Beurteilung des Schweregrades einer Veränderung oder die Graduierung der Funktion eines Ventrikels i.d.R. rein visuell und semi-quantitativ. Primär sind keine Messungen vorgesehen.

Ausgebildete und erfahrene Untersucherinnen und Untersucher können jedoch die Untersuchung auch durch klinisch relevante Messungen ergänzen, die dann auch in die Befunddokumentation aufgenommen werden sollten (s.u.). Als einfach durchzuführende Messungen angesehen werden können.

- Messungen der Diameter des linken Ventrikels in der PLAX
- Messung des Diameter der Aorta ascendens in der PLAX
- Messung der basalen Diameter von linkem und rechtem Ventrikel im Vierkammerblick und Bildung der Ratio
- Messung der „Fractional Area Change“ (FAC) im Kurzachsenblick auf Höhe der Papillarmuskeln
- Messung der TAPSE mittels M-Mode und der RV FAC (4 Kammerblick)
- Messung des Diameter der Vena cava inferior und Berechnung der Atemvariabilität
- Messung des max. Gradient einer TI
- Bestimmung der Flussvarianz im LVOT / Ao asc. Mittels PW-Doppler
- Bestimmung der Ejektionsfraktion des LV mittels Simpsonmethode

9.5	Empfehlung	Stand 2025
Die fokussierte kardiale Ultraschalluntersuchung ersetzt nicht die umfassende Echokardiographie. Wenn der Verdacht auf eine kardiale Erkrankung besteht, soll im Verlauf eine umfassende Echokardiographie erfolgen. Die umfassende Echokardiographie soll im Untersuchungsbefund des fokussierten kardialen Ultraschalls empfohlen werden.		
Konsensstärke: 8/8 (100%) starker Konsens		

Im Rahmen einer fokussierten Untersuchung ist es möglich, dass pathologische Veränderungen dargestellt werden, die nicht zugeordnet werden können oder nicht unmittelbar bettseitig therapierelevant sind. Da die fokussierte Untersuchung keine umfassende echokardiographische Untersuchung darstellt, sollte dann im Rahmen der weiteren Patientenbetreuung eine umfassende echokardiographische Untersuchung zur Verifikation oder Falsifikation des Befundes erfolgen und diese in der Befunddokumentation (s.o.) empfohlen werden [61].

9.6	Empfehlung	Stand 2025
Bei ungeklärter hämodynamischer Instabilität oder akuter Oxygenierungsstörung sollte neben einer fokussierten kardialen Ultraschalluntersuchung auch eine Ultraschalluntersuchung der Lunge (Pleura- und Thoraxschall) und des Abdomens (FAST Untersuchung) erfolgen.		
Konsensstärke: 8/8 (100%) starker Konsens		

Der in einer fokussierten Untersuchung erhobene Befund kann auch Folge einer extrakardialen Ursache einer akuten Instabilität sein. Ebenso kann bei einem „Normalbefund“ im fokussierten kardialen Ultraschall eine extrakardiale Ursache nicht ausgeschlossen werden. In diesen Situationen wird empfohlen, eine fokussierte Untersuchung des Abdomens, bspw. mit dem FAST („focused assessment with sonography in trauma“) Protokoll,

durchzuführen [62]. Zur weiteren Abklärung einer neu aufgetretenen Oxygenierungsstörung oder zum Ausschluss einer intrathorakalen/intrapleuralen Ursache einer Instabilität, wird empfohlen eine fokussierte Untersuchung der Lunge und der Pleura durch Thorax- und Pleura-Ultraschall anzuschließen.

Befunddokumentation

Zur Dokumentation einer Ultraschalluntersuchung gehören üblicherweise zwei Schritte:

- a) die Bild-/Videodokumentation und
- b) ein schriftlicher Befund.

Der erste Schritt kann ausschließlich während der Untersuchung erfolgen, wohingegen die Erstellung eines schriftlichen Befundes zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen kann. Insbesondere in Situationen der Akutversorgung ist die schriftliche Dokumentation eindeutig nachrangig zur klinischen Versorgung zu sehen.

Für die spätere Erstellung eines Befundberichts ist es von Vorteil, wenn eine Bilddokumentation vorliegt. Die gespeicherten Daten können zudem für Fallbesprechungen, Befunddemonstrationen und zur Qualitätskontrolle und als Nachweis der durchgeführten Untersuchung verwendet werden [49, 57]. Im Rahmen der Befunddokumentation sollten Angaben zum hämodynamischen Zustand und der zum Untersuchungszeitpunkt notwendigen Kreislaufunterstützung erfolgen.

10. Information und Kommunikation mit Patientinnen und Patienten

Vor der Untersuchung sollten Patientinnen und Patienten im persönlichen Gespräch über den Untersuchungsablauf informiert werden, um etwaige Bedenken zu reduzieren und mögliche Fragen beantworten zu können. Ergänzend kann Informationsmaterial ausgehändigt werden, wie es der aktuellen Leitlinie beiliegt.

Wichtige Informationen dabei sind, dass es sich bei der transthorakalen Echokardiographie um eine nicht-invasive Ultraschalluntersuchung des Herzens handelt, bei der es notwendig ist, den Oberkörper zu entkleiden und sich auf eine Untersuchungsliege zu legen. Zur Aufzeichnung der Herzaktivität werden EKG-Elektroden angebracht. Zur Optimierung der Bildqualität kommt kühles Ultraschallgel zum Einsatz. Zudem sollte die Patientin bzw. der Patient während der Untersuchung ruhig atmen, nicht sprechen und etwaige Atemkommandos befolgen.

Je nach Konstellation (Klinik/Praxis), kann nach Abschluss der Untersuchung eine kurze Befundmitteilung erfolgen. Umfassende Behandlungsempfehlungen oder detaillierte Interpretationen sollten dem behandelnden Arzt oder der behandelnden Ärztin überlassen werden, die die Ergebnisse im Kontext der gesamten Krankengeschichte interpretieren können.

11. Geltungsbereich und Zweck

11.1 Zielsetzung und Fragestellung

Die Ultraschalluntersuchung des Herzens (Echokardiographie) ist eine weit verbreitete diagnostische Methode zur Evaluation der kardialen Funktion, die von Ärztinnen und Ärzten verschiedener Fachrichtungen eingesetzt wird. Echokardiographien gehören zu den Routineuntersuchungen in der Kardiologie und Inneren Medizin, darüber hinaus sind sie unverzichtbar in der präoperativen Diagnostik sowie der Notfalluntersuchung prä-hospital, in der Notaufnahme und auf der Intensivstation. Die transthorakale Echokardiographie ist im deutschsprachigen Raum die mit Abstand am häufigsten durchgeführte nichtinvasive bildgebende Untersuchung des Herzens in Kliniken und Praxen.

Allerdings sind der Ablauf der Untersuchung, die Geräteeinstellungen und die erforderlichen Video- und Bildaufnahmen derzeit kaum standardisiert. Auch hinsichtlich eines Mindeststandards von Aufnahmen und Messungen für einen Normalbefund in der Routine besteht weiterhin Unklarheit.

Das Ziel dieser Leitlinie ist es, in Abstimmung mit den betroffenen Fachgesellschaften eine einheitliche Empfehlung für Deutschland zu entwickeln. Diese soll klar definieren, wie eine Ultraschalluntersuchung des Herzens durchgeführt werden sollte und welche Aufnahmen und Messungen erforderlich sind. Diese Standardisierung soll die Vergleichbarkeit von Messwerten und Befunden erleichtern, die Verlaufsbeurteilung verbessern und eine bessere Nutzbarkeit der erhobenen Daten für zukünftige wissenschaftliche Untersuchungen ermöglichen.

Die Indikationsstellung zur Echokardiographie ist in den Kapiteln der einzelnen Leitlinien der AWMF detailliert beschrieben (u.a. AWMF Reg. Nr. 053-011, AWMF Reg. Nr. 030-046, AWMF Reg. Nr. 065-022, AWMF Reg. Nr. 001-016, AWMF Reg. Nr. nvl-006). Indikationen und alternative Untersuchungsverfahren sollten daher den jeweiligen Leitlinien entnommen werden und sind nicht Bestandteil dieser Arbeit.

Es existieren zahlreiche Publikationen und internationale Empfehlungen, die die Vielzahl der bei der Echokardiographie möglichen Aufnahmen (Bilder und Videos) sowie Messungen auflisten und beschreiben [4, 6, 7, 24, 28–31, 41, 44].

Diese Leitlinie hat nicht das Ziel, die bestehende Literatur zusammenzufassen oder zu bewerten. Vielmehr fokussiert sie sich auf den Mindeststandard einer validen echokardiographischen Untersuchung eines kardialen Normalbefundes. Die gemäß Leitlinie erhobenen Befunde müssen dann um die Bewertung der jeweiligen Pathologie ergänzt werden. Hierfür wird auf die oben genannte Literatur verwiesen.

Um den Rahmen des vorliegenden Dokuments nicht ausufern zu lassen, wurden die Stressechokardiographie, die transösophageale Echokardiographie sowie die Echokardiographie mit Kontrastmittel bewusst nicht in diese Leitlinie aufgenommen. Diese Verfahren werden in separaten Publikationen diskutiert.

Die moderne transthorakale Echokardiographie bietet zudem die Möglichkeit der Analyse der myokardialen Deformation im Rahmen der Strain-Echokardiographie sowie die Rekonstruktion und Darstellung dreidimensionaler Strukturen (3D-Echokardiographie). Die Strain-Analyse findet dabei zunehmend auch in der 2D-Routineuntersuchung Anwendung. Daher hat die Leitlinienkommission entschieden, die 2D-Strain-Echokardiographie in das aktuelle Dokument aufzunehmen, jedoch auf eine differenzierte Darstellung der 3D-Echokardiographie zu verzichten.

11.2 Versorgungsbereich

Deutschland

11.3 Patientenzielgruppe

Alle erwachsenen Patientinnen und Patienten, die mittels transthorakaler Echokardiographie untersucht werden. Unabhängig von der Dringlichkeit der Untersuchung und von der medizinischen Facharztdisziplin der/des Untersuchenden.

11.4 Anwenderzielgruppe

Ärztinnen und Ärzte sämtlicher Fachdisziplinen, die die Echokardiographie nutzen. Dies sind insbesondere Fachärztinnen und Fachärzte für Kardiologie, Innere Medizin und Anästhesie. Die Leitlinie dient auch zur Information für Pflegepersonal, medizinisches Assistenzpersonal und Physician Assistants, die im Bereich der kardialen Bildgebung tätig sind.

11.5 Dokumente zu dieser Leitlinie

- Langversion
- Kurzversion
- Patienteninformation

12. Wichtige Forschungsfragen

Die Standardisierung der Bildgebung vereinfacht die spätere Auswertung der erhobenen Datensätze erheblich. Besonders die künstliche Intelligenz (KI) benötigt sehr große Datenmengen, um verlässliche Modelle zu generieren. Die hohe Anzahl echokardiographischer Untersuchungen in Deutschland bietet die Möglichkeit, umfangreiche Bilddaten zu generieren.

Neben den Einschränkungen, die durch die Einhaltung des Datenschutzes bestehen, stellt die fehlende Standardisierung bei der Erhebung der Bilddaten für zukünftige Forschungsprojekte, wie z.B. das Trainieren von KI-Modellen, ein bedeutendes Hindernis dar. Eine Vereinheitlichung der Bildgebung ist daher unerlässlich um zukünftige KI-Analysen zu erleichtern und Innovationen fördern.

13. Zusammensetzung der Leitliniengruppe

13.1 Leitlinienkoordinator und Ansprechpartner

Leitlinienkoordinator:

Priv.-Doz. Dr. Jan Knierim

Sana Paulinenkrankenhaus Berlin

Dickensweg 25-39

14055 Berlin

Tel: 030/30008-125

knierim@paulinenkrankenhaus.de

Leitliniensekretariat:

Frau Yeemei Guo

Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin – DEGUM e.V.

Wissenschaftsreferat

Charlottenstraße 79/80

10117 Berlin

fon: ++49 30 2060 8888-70

fax: ++49 30 2060 8888-90

e-mail: yeemei.guo@degum.de

www.degum.de

13.2 Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen

Die Zusammensetzung der Leitlinie berücksichtigt die Berufsgruppen, die überwiegend transthorakale Echokardiographien durchführen und an deren Befundung und klinischen und wissenschaftlichen Auswertung involviert sind. Durch die Mitglieder der Leitliniengruppe sind folgende Fachgesellschaften an der Erstellung der Leitlinie beteiligt:

Tabelle 6 Mitglieder der Leitliniengruppe

Mandatstragende	Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
PD Dr. med. Jan Knierim	DEGUM	gesamter Zeitraum
PD Dr. med. Henrik ten Freyhaus	DEGUM	gesamter Zeitraum
Prof. Dr. med. Frank A. Flachskampf	DGK	gesamter Zeitraum
Prof. Dr. med. Sebastian Ewen	DGK	gesamter Zeitraum
PD Dr. med. Matthias Göpfert	DGAI	gesamter Zeitraum
PD Dr. med. Caroline Morbach	DGIM	gesamter Zeitraum
Dr. med. Norbert Smetak	BDI	gesamter Zeitraum
Dr. med. Sebastian Kruck	BNK	gesamter Zeitraum

Weitere Teilnehmende	Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
Prof. Dr. med. Monika Nothacker	AWMF	gesamter Zeitraum
Prof. Dr. med. Constantin von Kaisenberg	DEGUM	gesamter Zeitraum
Herbert Ehses	Deutsche Herzstiftung	gesamter Zeitraum

13.3 Beteiligung von Patientinnen und Patienten

Die Deutsche Herzstiftung e.V. war aktiv an der Erstellung der Leitlinie beteiligt. Der von der Deutschen Herzstiftung mandatierte Herr Herbert Ehses nahm an den Sitzungen der Leitliniengruppe teil und brachte die Perspektive der Patientinnen und Patienten ein. Zusätzlich wurden in einer Mitgliederbefragung der Deutschen Herzstiftung weitere Informationen zur Sichtweise von Patientinnen und Patienten gesammelt und in die Leitlinie integriert. In Zusammenarbeit mit der Deutschen Herzstiftung e.V. wurde außerdem ein Flyer zur Patienteninformation entwickelt, der dieser Leitlinie beigelegt ist. Die Patienteninformation wurde vom Leitlinienkoordinator erstellt und ihr Inhalt mit der Leitliniengruppe abgestimmt.

13.4 Methodische Begleitung

Die Leitliniengruppe wurde methodisch durch Frau Dr. Monika Nothacker von der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) sowie Herrn Prof. Dr. Constantin von Kaisenberg von der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (AWMF zertifizierter Leitlinienberater) begleitet und beraten. Frau Dr. Nothacker moderierte den strukturierten Konsensusprozess und nahm an den Treffen der Leitliniengruppe teil.

14. Informationen zu dieser Leitlinie

14.1 Methodische Grundlagen

Diese Leitlinie wurde gemäß dem Regelwerk der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) für die Entwicklung von Leitlinien zur Diagnostik

und Therapie erstellt und entspricht nach der S-Klassifikation der AWMF einer S2k-Leitlinie (konsensusbasiert).

Die erste Struktur der Leitlinie wurde vom Leitlinienkoordinator in Rücksprache mit der Leitliniengruppe entwickelt. In einer konstituierenden Sitzung wurde dieses Konzept unter der oben genannten methodischen Begleitung intensiv diskutiert und konkretisiert. Im Anschluss erarbeiteten Kleingruppen die einzelnen Kapitel der Leitlinie, wobei eine gründliche Literaturrecherche durchgeführt wurde.

Die erste Version des Manuskripts wurde anschließend von der gesamten Leitliniengruppe kritisch überprüft und überarbeitet. In einer Konsensuskonferenz wurden zentrale Fragestellungen identifiziert, und die zu konsentierenden Aussagen bzw. Empfehlungen wurden im Rahmen eines nominalen Gruppenprozesses diskutiert und abgestimmt.

Der Ablauf war wie folgt:

- Präsentation und Erläuterung der abzustimmenden Empfehlung
- Gelegenheit zu inhaltlichen Nachfragen
- Strukturierte Aufnahme von Änderungsvorschlägen
- Formale Abstimmung unter Berücksichtigung von Interessenkonflikten(s.u.)
- Bei Nicht-Erreichen eines Konsens erneute Diskussion und Abstimmung ggf. geänderter Formulierungen

Die methodische Begleitung und Moderation dieses Prozesses übernahm die AWMF. Noch offene Fragestellungen wurden in einer zweiten Konsensuskonferenz, die online stattfand, nach dem gleichen Verfahren diskutiert und abschließend verabschiedet.

14.2 Verwendung von existierenden Leitlinien und Literaturrecherche

Die Leitlinien der American Society of Echocardiography und der British Society of Echocardiography [4, 6] dienten als Grundlage für die Erstellung dieser Leitlinie. Ergänzend wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt, bei der zahlreiche Publikationen aus verschiedenen Fachzeitschriften und Lehrbüchern einbezogen wurden (siehe Referenzen).

Eine systematische Literaturrecherche mit Auswahl und kritischer Bewertung der Evidenz sowie die Verknüpfung von Evidenz und Empfehlungen, wie sie für eine S3-Leitlinie erforderlich ist, wurde nicht durchgeführt. Dies liegt auch daran, dass vergleichende prospektive Studien, die sich spezifisch mit der in dieser Leitlinie behandelten Methode befassen, nicht verfügbar sind.

14.3 Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensusstärke

Im oben genannten nominalen Gruppenprozess unter der Moderation der AWMF wurden die folgenden Empfehlungsstärken festgelegt:

- **Starke Empfehlung:** „soll“ oder „soll nicht“
- **Empfehlung:** „sollte“ oder „sollte nicht“
- **Schwache Empfehlung:** „kann erwogen werden“ oder „kann verzichtet werden“

Das jeweilige Abstimmungsergebnis wurde für jede Empfehlung dokumentiert. Die Stimmenverteilung erfolgte gemäß der zu Beginn festgelegten Regelung: Jeweils zwei Stimmen für die anmeldenden Fachgesellschaften (DEGUM und DGK) und jeweils eine Stimme für die weiteren beteiligten Fachgesellschaften (BNK, DGAI, BDI, DGIM).

Eine Mindestbeteiligung von über 75 % der stimmberechtigten Mandatsträger wurde gewährleistet. Fehlende Mandatstragende wurden bei der Berechnung der Konsensusstärke im Nenner nicht berücksichtigt. Obwohl moderate Interessenskonflikte einzelner Mandatstragender festgestellt wurden, betrafen diese nicht den Inhalt der Empfehlungen. Daher war ein Ausschluss von Mandatstragenden von der Abstimmung nicht erforderlich.

Die Konsensusstärke der Empfehlungen wird unter Angabe der Zustimmenden im Verhältnis zu den Abstimmenden wie folgt ausgewiesen:

- **Starker Konsens:** > 95 % der Stimmberechtigten
- **Konsens:** 75–95 % der Stimmberechtigten
- **Mehrheitliche Zustimmung:** 50–75 % der Stimmberechtigten

15 Redaktionelle Unabhängigkeit

15.1 Finanzierung der Leitlinie

Diese Leitlinie wurde durch die Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislau fforschung e.V. und die Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e.V. paritätisch angemeldet und beauftragt. Die Kosten für die Erstellung der Leitlinie in Höhe von 4557,66 Euro wurden von den beiden Gesellschaften paritätisch übernommen. Die Arbeit der Mandatstragenden sowie Autorinnen und Autoren erfolgte ehrenamtlich.

15.2 Darlegung von Interessen und Umgang mit Interessenskonflikten

Die Interessen aller Autorinnen und Autoren der Leitlinie wurden nach Vorgaben der AWMF mittels eines strukturierten Online-Formulars (AWMF Version 2018) in der digitalen Plattform AWMF-Interessenerklärung Online erfasst. Die Interessenskonflikte wurden dann von zwei Mitgliedern der Leitliniengruppe unter Beratung durch die AWMF, vertreten durch Frau Dr. Nothacker, nach dem Regelwerk der AWMF bewertet (Details, s. Tabelle zur Erklärung von Interessen und Umgang mit Interessenskonflikten im Anhang). Die Bewertung der Interessenskonflikte von Frau Dr. Nothacker wurden von den beiden Mitgliedern ebenfalls bewertet. Die Bewertung der Interessenskonflikte der beiden Mitglieder erfolgte gegenseitig und durch Frau Dr. Nothacker.

Interessenskonflikte wurden als gering eingestuft, wenn Vortragstätigkeiten, Tätigkeiten in einem industriefinanzierten Advisory Board, Managementverantwortung bei einer industriefinanzierten Studie oder Beteiligung an einem wissenschaftlichen Beirat oder als Gutachter ohne direkten Bezug zur Echokardiographie standen. Moderate oder starke Interessenskonflikte wurden angenommen, wenn bei o.g. Aktivitäten oder Aktienbesitz an einzelnen Firmen ein Zusammenhang zur Echokardiographie bestand.

Bei geringen Interessenskonflikten war eine Beteiligung an den Abstimmungen möglich. Bei moderaten Interessenskonflikten wäre eine Enthaltung notwendig gewesen. Die moderaten Interessenskonflikte bezogen sich aber ausschließlich auf Themen, die nicht zur Abstimmung kamen.

16 Externe Begutachtung und Verabschiedung

Nach Fertigstellung des überarbeiteten Manuskripts wurde dieses den beteiligten Fachgesellschaften und Institutionen zur Verabschiedung vorgelegt und von den Vorständen der beteiligten Organisationen verabschiedet. Zudem erfolgte eine öffentliche Konsultationsphase vom 31.07.2025 bis zum 29.08.2025. Die Leitliniendokumente wurden der Fachöffentlichkeit zur Kommentierung im AWMF-Leitlinien-Register zur Kommentierung zur Verfügung gestellt. Alle eingegangenen Kommentare wurden von der Leitliniengruppe geprüft und entweder berücksichtigt oder in das Manuskript eingearbeitet. Ein Dokument mit vorgeschlagenen Änderungen und Kommentaren der Leitliniengruppe wurde erstellt (siehe **Anhang**). Außerdem erfolgte eine formale Begutachtung durch die AWMF.

17 Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren

Die Gültigkeit der Leitlinie beträgt 5 Jahre. Bei vorzeitigem, dringendem Aktualisierungsbedarf wird dieser berücksichtigt und gesondert publiziert. Kommentare und Hinweise für den

Aktualisierungsbedarf sind ausdrücklich erwünscht und können an den Leitlinienkoordinator bzw. die Leitlinienkoordination der DEGUM gesendet werden.

18 Verzeichnisse

18.1 Verzeichnis der Interessenkonflikte

Im Folgenden sind die Interessenerklärungen als tabellarische Zusammenfassung dargestellt sowie die Ergebnisse der Interessenkonfliktbewertung und Maßnahmen, die nach Diskussion der Sachverhalte von der der LL-Gruppe beschlossen und im Rahmen der Konsensuskonferenz umgesetzt wurden.

	Tätigkeit als Berater*in und/oder Gutachter*in	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autor*innen-/oder Coautor*innenschaft	Forschungs-vorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer*innen-interessen (Patent, Urheber*innen-recht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
Herr Ehes, Herbert	Entfällt	Entfällt	Entfällt	Entfällt	Entfällt	Entfällt	Entfällt	Keine IK
Prof. Dr. Ewen, Sebastian	Medtronic, Recor, DGK	Böhringer Ingelheim, AstraZeneca, Medtronic, Recor	Akcea Therapeutics, AstraZeneca, Bayer, Berlin Chemie, Bristol-Myers Squibb – Pfizer, Boehringer Ingelheim, Daiichi Sankyo, Edwards Lifesciences, Gore Medical, Inari Medical, Kaneka Pharma, Medtronic, Neovasc, Novartis and Recor.	Nein	Nein	Nein	Mitglied: DGK, ESC, ALKK	Berater-/Gutachtertätigkeit und Tätigkeit in Wiss. Beiräten für kommerzielle Unternehmen. Kein unmittelbarer Bezug zur Echokardiographie. Keine IK
Prof. Dr. Flachskampf, Frank Arnold	AstraZeneca	Nein	Nein	Nein	Nein	Medtronic	Mitglied: DGK, Svensk Hjärtförbundet, ACC, ESC	Berater-/Gutachtertätigkeit und Aktien für/von kommerzielle Unternehmen. Kein unmittelbarer Bezug zur Echokardiographie. Keine IK
PD Dr. Göpfert, Matthias	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Mitglied: DGA	Keine IK
PD Dr. Knierim, Jan	Nein	AstraZeneca	Kongresse der DGK, Kurse der Akademie des DHZB	Nein	Nein	Nein	Mitglied: DGK, BDI, DEGUM, Freunde des Deutschen Herzzentrums Berlin	Wiss. Beirat in kommerziellen Unternehmen ohne thematischen Bezug. Keine Vorträge für kommerzielle Firmen. Keine IK
Dr. Kruck, Sebastian	Nein	Sanofi	Novartis, Boehringer-Ingelheim, Pfizer, Daiichi, DGK	Nein	Kompetenznetz Vorhofflimmern, Bayer AG, IHF GmbH, BNK Service GmbH, Daiichi	Nein	Mitglied: DGK, BNK, EACVI, ASE Persönliche Beziehung: Ehefrau: Dr Ina Kruck, Data scientist (Bayer AG)	Wiss. Beirat in kommerziellen Unternehmen ohne thematischen Bezug. Keine Vorträge für kommerzielle Firmen. Keine IK

	Tätigkeit als Berater*in und/oder Gutachter*in	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autor*innen-/oder Coautor*innenschaft	Forschungs-vorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer*innen-interessen (Patent, Urheber*innen-recht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
Prof. Dr. Magunia, Harry	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Erfinder Patent: "Titel: Verfahren zur Auswertung der Herzaktivität Aktenzeichen (DPMA): 10 2021 107 604.8 "	Mitglied: DGAI, ASE, Forschungsgruppe "Echokardiographische Bildgebung", Klinische Tätigkeit: Anästhesie in der Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie mit Kinderherzchirurgie	Keine IK
PD Dr. Morbach, Caroline	Boehringer Ingelheim, Swedish Orphan Biovitrum GmbH, NovoNordisk, Bayer Vital, Lilly Pharma, Pfizer Pharma, AstraZeneca, Alnylam	Nein	Alnylam, DGK-Akademie, Pfizer Pharma., DGFF, Tomtec Imaging Systems, Janssen Cilag GmbH, Boehringer Ingelheim, Diaplan GmbH, AstraZeneca Johnson Johnson, Tomtec Imaging Systems, Kardiopuls GbR Gesellschaft für Information und Organisation mbH, doctopus, streamedup! GmbH, , Novo Nordisk Pharma, streamedup! GmbH, C.T.I. GmbH	Georg Thieme Verlag, Pfizer Pharma	Förderung über die Förderinitiative "Masterplan Bayern Digital II – Zukunftsinitiative Digitale Medizin" Kooperationspartner: Universität Würzburg und Tomtec Imaging Systems, Förderung im Rahmen des Verbundforschungsprogramms "Förderlinie Lifescience" des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie mit Tomtec Imaging Systems, Förderung im Rahmen des Sonderforschungsbereichs "1525 Cardio-Immune Interfaces" durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, Förderung im Rahmen der Forschungsförderung zum Thema „Verbesserung von Früherkennung und Therapie des plötzlichen	Nein	Mitglied: DGK, DGIM, ESC, EACVI, Deutsche Gesellschaft für Amyloid-Krankheiten, DEGUM, Verein zum Erhalt der Nutzpflanzenvielfalt sowie im BUND, Mitglied im Steering Committee der Interdisziplinären Biomaterial- und Datenbank Würzburg (ibdw), Deutsches Zentrum für Herzinsuffizienz, ZONTA Club Herzerkrankungen;	Beratungs- und Gutachtentätigkeit für kommerzielle Firmen ohne Bezug zur Echokardiographie. Zwei kommerziell bezahlte Vorträge von Ultraschallherstellern. Wiss. Kooperation mit Ultraschallhersteller zu automatisierter Messung unter Nutzung von AI. Geringe IK für Echokardiographie generell. Moderate IK für Automatisierte Messung. IK moderat: Stimmenthaltung bezüglich Automatisierter Messungen

	Tätigkeit als Berater*in und/oder Gutachter*in	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autor*innen-/oder Coautor*innenschaft	Forschungs-vorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer*innen-interessen (Patent, Urheber*innen-recht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
					Herztodes* durch die Deutsche Herzstiftung , CoreMedic GmbH, AstraZeneca, Södertälje, Sweden, Bayer AG, Alnylam NovoNordisk, Philipps University Marburg, , Förderung im Rahmen des 5-jährigen Advanced Clinician Scientist Programms des Interdisziplinären Zentrums für Klinische Forschung (IZKF) Würzburg			
Dr. Nothacker, Monika	No positions with payment	Advisory Board Member of Health Care Research Project INDIQ Member of Steering Group National Cancer Plan no payment , IQTIG	Berlin School of Public Health	Nein	German Cancer Aid , Network University Medicine COVID-19, BMG, Network University Medicine for Pandemic Preparedness 2.0 , G-BA Innovationfund	Nein	Mitglied: - German Network Evidence Based Medicine,, German Cancer Society, Guidelines International Network/GRADE Working Group (member),	Keine IK
Dr. Smetak, Norbert	Nein	Novartis, Daichi	Daichi Sankyo, Astra Zeneca, Pfizer, Novartis, Amgen, Abbott	Nein	Nein	Nein	Mitglied: BNK, BDI, MEDI BW, VV-Mitglied KVBW, VV LÄK BW, IFFM	Berater-/Gutachtertätigkeit und Tätigkeit in Wiss. Beiräten für kommerzielle Unternehmen. Kein unmittelbarer Bezug zur Echokardiographie. Keine IK
Priv.-Doz. Dr. ten Freyhaus, Henrik	General Electrics, Astra Zeneca	Medpoint/ Alnylam, Janssen-	Pfizer, Janssen-Cilag, Takeda, CTI, Sanofi-Aventis, Medtronic,	Nein	IONIS, Alnylam	Nein	Mitglied: DGIM, DGK, DEGUM	Berater-/Gutachtertätigkeit und Tätigkeit in Wiss. Beiräten für kommerzielle Unternehmen. Auch für Hersteller von

	Tätigkeit als Berater*in und/oder Gutachter*in	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autor*innen-/oder Coautor*innenschaft	Forschungs-vorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer*innen-interessen (Patent, Urheber*innen-recht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
		Cilag	Diaplan, Alnylam, TomTec, FomF, MedUpdate, Novartis, Deutsches Herzzentrum Berlin, Guerbet, Edwards, Medisim, Medpoint, F GbR, KelCon, AstraZeneca					Ultraschallgeräten. Vortragstätigkeit entsprechend. Moderate Interessenkonflikte für Echokardiographie in Bezug auf Handheld-Geräte. Ansonsten geringe IK. IK moderat: Stimmenthaltung bezüglich Handheld-Geräten.
Prof. Dr. von Kaisenberg, Constantin Sylvius Leopold Jobst Nikolaus	Landgerichte, Oberlandes-gerichte, PROMPT Germany gUG Klinikum Rechts Der Isar, TU München, Frauenklinik, MHH	Reviewer: Archives of Gynecology and Obstetrics (Springer), editor Ultrasound in Obstetrics Gynecology (Wiley), Reviewer: diverse journals	PROMPT Training, MHH in-house		TRUFFLE 2	Nein	Mitglied: CEO und Gründer von PROMPT Germany gUG ehrenamtlich, Mitglied: DEGUM, Günther und Anemarie-Haackert Stiftung zur Förderung der Pränatalen Medizin CEO PROMPT Germany gUG (haftungsbeschränkt)	Keine IK

18.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: EKG Elektrodenpositionen	10
Abbildung 2: Echokardiographische Schallfenster für Routineuntersuchungen.....	11
Abbildung 3: Typische Darstellung der Strain-Werte mittels eines „bull’s eye plot“	18
Abbildung 4: Parasternale lange Achse , RVOT, Ao, LV	20
Abbildung 5A: Parasternale kurze Achse , Höhe Aortenklappe , RVOT, PA, LA, R.....	21
Abbildung 5B: Parasternale kurze Achse , Höhe Mitralklappe , RVOT	21
Abbildung 5C: Parasternale kurze Achse , Höhe Papillarmuskeln , RV, LV.....	22
Abbildung 5D: Parasternale kurze Achse , Höhe Herzspitze , LV	22
Abbildung 6: Problem der Verkürzung (engl. „foreshortening“)	23
Abbildung 7: Vierkammerblick , LV, LA, RV, RA.....	24
Abbildung 8: Fünfkammerblick , LV, LA, RV, RA, Ao	25
Abbildung 9: Zweikammerblick , LV, LA	25
Abbildung 10: Dreikammerblick , LV, LA, RV, Ao	26
Abbildung 11: Subkostaler Schnitt , LV, LA, RV, RA.....	27
Abbildung 12: Subkostaler Schnitt Vena cava inferior (VCI), RA	27
Abbildung 13: Darstellung der 16 bzw. 17 Segmente linker Ventrikel	28
Abbildung 14: Minimaler Datensatz der transthorakalen Echokardiographie	30,31
Abbildung 15: Lineare Messung LVEDD, IVS, PW	34
Abbildung 16: Enddiastolische Messung RVOT prox	35
Abbildung 17: LVOT proximal des Aortenklappenanulus.....	35
Abbildung 18: Aortenklappenanulus systolisch.....	36
Abbildung 19: Enddiastolisch AoW, STJ und AoAsc	37
Abbildung 20: parasternale kurzen Achse, Aortenklappe, RVOTprox, RVOTdist	38
Abbildung 21: Links Ventrikuläres Enddiastolisches Volumen (A, B), Planimetrie.....	39
Abbildung 22: Volumen linker Vorhof im Zwei und Vierkammerblick	39
Abbildung 23: basaler Diameter rechter Ventrikels , fokussierten Vierkammerblick	40
Abbildung 24: Fläche und Volumens rechter Vorhof.....	41
Abbildung 25: systolische Exkursion Trikuspidalklappe (TAPSE), M-Mode.....	41
Abbildung 26: Geschwindigkeitsintegral Rechts Ventrikulärer Ausflusstrakt.....	42
Abbildung 27: maximalen Geschwindigkeit Trikuspidalklappenregurgitationsjet	42
Abbildung 28: Transmitrales Einstromprofil , E- und A- Welle; DT: Dezellerationszeit	43
Abbildung 29: Gewebedoppler septaler (A), lateraler (B) Mitralanulus, Geschwindigkeit ...	43
Abbildung 30: maximale Geschwindigkeit Trikuspidalklappenregurgitationsjet 4 ChV ..	44
Abbildung 31: Vmax, Geschwindigkeitszeitintegral PW-Doppler , LVOT 3 & 5 ChV.....	45
Abbildung 32: Vmax, Geschwindigkeitszeitintegral CW-Doppler , Ao, 3 & 5 ChV.....	45
Abbildung 33: Regurgitationsjet, Vena contracta (VC)	46
Abbildung 34: Geräteeinstellung PISA-Radius, Routineeinstellung des Gerätes.....	47
Abbildung 35: FoCUS-Schema als Beispiel fokussierten kardialen Ultraschall	50

18.3 Verzeichnis der Empfehlungen

1.1 Lagerung	9
1.2 EKG Ableitung	10
1.3 Ultraschallfenster	11
2.1 Kardiales Preset	12
2.2 Eindringtiefe, Sektor, Zoom	14
2.3 2D Strain	17
3.1 vollständige Herzaktionen	19

6.1 Minimaler Datensatz	28
7.1 LVOT	36
8.1 Befunddokumentation & Beschreibung.....	48
9.1 fokussierter Ultraschall.....	49
9.2 fokussierter Ultraschall Ablauf	49
9.3 wichtigste Fragestellungen	51
9.4 eingeschränkte Bildqualität	53
9.5 fokussierter Ultraschall & umfassende Echokardiographie	54
9.6 FAST.....	54

18.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Echokardiographische Schallfenster	12
Tabelle 2. Empfehlungen zum minimalen Datensatz mit entsprechender Konsensstärke ...	29
Tabelle 3. Routinemessungen in der Echokardiographie*.....	33
Tabelle 4. Fragestellungen einer fokussierten Basis-Ultraschalluntersuchung d. Herzens ..	52
Tabelle 5. Mögliche Fragestellungen erweiterte fokussierte Ultraschalluntersuchung	53
Tabelle 6. Mitglieder der Leitliniengruppe.....	58

19 Literatur

1. Empfehlungen der Kommission für Infektionsprävention in medizinischen Einrichtungen und in Einrichtungen und Unternehmen der Pflege und Eingliederungshilfe (KRINKO)
2. (2016) Händehygiene in Einrichtungen des Gesundheitswesens: Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI). Bundesgesundheitsbl 59:1189–1220. <https://doi.org/10.1007/s00103-016-2416-6>
3. (2012) Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten. Bundesgesundheitsbl 55:1244–1310. <https://doi.org/10.1007/s00103-012-1548-6>
4. Mitchell C, Rahko PS, Blauwet LA, et al (2019) Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography. Journal of the American Society of Echocardiography 32:1–64. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2018.06.004>
5. Ottenhoff J, Hewitt M, Makonnen N, et al (2022) Comparison of the Quality of Echocardiography Imaging Between the Left Lateral Decubitus and Supine Positions. Cureus. <https://doi.org/10.7759/cureus.31835>
6. Robinson S, Rana B, Oxborough D, et al (2020) A practical guideline for performing a comprehensive transthoracic echocardiogram in adults: the British Society of Echocardiography minimum dataset. Echo Res Pract 7:G59–G93. <https://doi.org/10.1530/ERP-20-0026>
7. Hagendorff A, Helfen A, Flachskampf FA, et al (2021) Manual zur Indikation und Durchführung spezieller echokardiographischer Anwendungen. Kardiologe. <https://doi.org/10.1007/s12181-021-00509-1>
8. Weyman AE, Weyman AE (1994) Principles and practice of echocardiography, 2nd ed. Lea & Febiger, Philadelphia
9. Armstrong WF, Ryan T (2019) Feigenbaum's echocardiography, Eighth edition. Wolters Kluwer, Philadelphia
10. Baumgartner H, Becher H, Bocksch W, et al (2022) Praxis der Echokardiografie: das Referenzwerk zur echokardiografischen Diagnostik, 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York
11. Nanda NC (2020) Comprehensive textbook of echocardiography, Second edition. Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd, New Delhi
12. Abdel-Wahab MS, Akin I, Baldus S, et al (2024) Referenz Kardiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York
13. Thomas JD, Rubin DN (1998) Tissue harmonic imaging: why does it work? J Am Soc Echocardiogr 11:803–808. [https://doi.org/10.1016/s0894-7317\(98\)70055-0](https://doi.org/10.1016/s0894-7317(98)70055-0)
14. Hagendorff A, Stöbe S (2021) Basiswissen Echokardiografie: "Ars echocardiographica" - Schritt für Schritt zur korrekten Diagnose, 2. Auflage. Elsevier, München
15. Quiñones MA, Greenberg BH, Kopelen HA, et al (2000) Echocardiographic predictors of clinical outcome in patients with left ventricular dysfunction enrolled in the SOLVD registry and trials: significance of left ventricular hypertrophy****A list of participating hospitals, central agencies and personnel appears in reference 26. Journal of the American College of Cardiology 35:1237–1244. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(00\)00511-8](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)00511-8)

16. Voigt J-U, Pedrizzetti G, Lysyansky P, et al (2015) Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 28:183–193. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.11.003>
17. Smiseth OA, Torp H, Opdahl A, et al (2016) Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *Eur Heart J* 37:1196–1207. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv529>
18. Voigt J-U, Cvijic M (2019) 2- and 3-Dimensional Myocardial Strain in Cardiac Health and Disease. *JACC Cardiovasc Imaging* 12:1849–1863. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.01.044>
19. Trivedi SJ, Altman M, Stanton T, Thomas L (2019) Echocardiographic Strain in Clinical Practice. *Heart Lung Circ* 28:1320–1330. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2019.03.012>
20. D'Elia N, Caselli S, Kosmala W, et al (2020) Normal Global Longitudinal Strain. *JACC: Cardiovascular Imaging* 13:167–169. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.07.020>
21. Karlsen S, Dahlslett T, Grenne B, et al (2019) Global longitudinal strain is a more reproducible measure of left ventricular function than ejection fraction regardless of echocardiographic training. *Cardiovasc Ultrasound* 17:18. <https://doi.org/10.1186/s12947-019-0168-9>
22. Baron T, Berglund L, Hedin E-M, Flachskampf FA (2019) Test–retest reliability of new and conventional echocardiographic parameters of left ventricular systolic function. *Clin Res Cardiol* 108:355–365. <https://doi.org/10.1007/s00392-018-1363-7>
23. Badano LP, Koliass TJ, Muraru D, et al (2018) Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 19:591–600. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jey042>
24. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al (2015) Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 16:233–271. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev014>
25. Appleton CP, Hatle LK, Popp RL (1988) Cardiac tamponade and pericardial effusion: Respiratory variation in transvalvular flow velocities studied by Doppler echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology* 11:1020–1030. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(98\)90060-2](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(98)90060-2)
26. Evangelista A, Flachskampf F, Lancellotti P, et al (2008) European Association of Echocardiography recommendations for standardization of performance, digital storage and reporting of echocardiographic studies. *European Journal of Echocardiography* 9:438–448. <https://doi.org/10.1093/ejechocard/jen174>
27. American Heart Association Writing Group on Myocardial Segmentation and Registration for Cardiac Imaging; Cerqueira MD, Weissman NJ, et al (2002) Standardized Myocardial Segmentation and Nomenclature for Tomographic Imaging of the Heart: A Statement for Healthcare Professionals From the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation* 105:539–542. <https://doi.org/10.1161/hc0402.102975>
28. Hagendorff A, Knebel F, Helfen A, et al (2020) Expert consensus document on the assessment of the severity of aortic valve stenosis by echocardiography to provide diagnostic conclusiveness by standardized verifiable documentation. *Clin Res Cardiol* 109:271–288. <https://doi.org/10.1007/s00392-019-01539-2>
29. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J, et al (2017) Recommendations on the Echocardiographic Assessment of Aortic Valve Stenosis: A Focused Update from the European Association of

Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography* 30:372–392. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2017.02.009>

30. Zoghbi WA, Adams D, Bonow RO, et al (2017) Recommendations for Noninvasive Evaluation of Native Valvular Regurgitation. *Journal of the American Society of Echocardiography* 30:303–371. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2017.01.007>
31. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, et al (2016) Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 29:277–314. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2016.01.011>
32. Hagendorff A, Knebel F, Helfen A, et al (2021) Echocardiographic assessment of mitral regurgitation: discussion of practical and methodologic aspects of severity quantification to improve diagnostic conclusiveness. *Clin Res Cardiol*. <https://doi.org/10.1007/s00392-021-01841-y>
33. Hagendorff A, Stöbe S, Helfen A, et al (2025) Echocardiographic assessment of atrial, ventricular, and valvular function in patients with atrial fibrillation-an expert proposal by the german working group of cardiovascular ultrasound. *Clin Res Cardiol* 114:4–24. <https://doi.org/10.1007/s00392-024-02491-6>
34. Nobre De Matos Pereira Vieira MJ, Ribeiro D, Craveiro N, et al (2019) 3077Load dependency of left ventricular longitudinal strain by 2D-speckle tracking echocardiography: myth or reality? *European Heart Journal* 40:ehz745.0033. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz745.0033>
35. Borow KM, Neumann A, Marcus RH, et al (1992) Effects of simultaneous alterations in preload and afterload on measurements of left ventricular contractility in patients with dilated cardiomyopathy: comparisons of ejection phase, isovolumetric and end-systolic force-velocity indexes. *J Am Coll Cardiol* 20:787–795. [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(92\)90173-k](https://doi.org/10.1016/0735-1097(92)90173-k)
36. Guzzetti E, Capoulade R, Tastet L, et al (2020) Estimation of Stroke Volume and Aortic Valve Area in Patients with Aortic Stenosis: A Comparison of Echocardiography versus Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr* 33:953-963.e5. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2020.03.020>
37. LaBounty TM, Miyasaka R, Chetcuti S, et al (2014) Annulus Instead of LVOT Diameter Improves Agreement Between Echocardiography Effective Orifice Area and Invasive Aortic Valve Area. *JACC: Cardiovascular Imaging* 7:1065–1066. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2014.03.021>
38. Devereux RB, de Simone G, Arnett DK, et al (2012) Normal limits in relation to age, body size and gender of two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in persons ≥ 15 years of age. *Am J Cardiol* 110:1189–1194. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2012.05.063>
39. Nistri S, Galderisi M, Ballo P, et al (2011) Determinants of echocardiographic left atrial volume: implications for normalcy. *Eur J Echocardiogr* 12:826–833. <https://doi.org/10.1093/ejechocard/je137>
40. Mukherjee M, Rudski LG, Addetia K, et al (2025) Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults and Special Considerations in Pulmonary Hypertension: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 38:141–186. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2025.01.006>
41. Robinson S, Ring L, Oxborough D, et al (2024) The assessment of left ventricular diastolic function: guidance and recommendations from the British Society of Echocardiography. *Echo Res Pract* 11:16. <https://doi.org/10.1186/s44156-024-00051-2>

42. Pieske B, Tschöpe C, de Boer RA, et al (2020) How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur J Heart Fail* 22:391–412. <https://doi.org/10.1002/ehf.1741>
43. Quiñones MA, Otto CM, Stoddard M, et al (2002) Recommendations for quantification of Doppler echocardiography: a report from the Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 15:167–184. <https://doi.org/10.1067/mje.2002.120202>
44. Galderisi M, Cosyns B, Edvardsen T, et al (2017) Standardization of adult transthoracic echocardiography reporting in agreement with recent chamber quantification, diastolic function, and heart valve disease recommendations: an expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 18:1301–1310. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jex244>
45. Eriksen-Volnes T, Grue JF, Hellum Olaisen S, et al (2023) Normalized Echocardiographic Values From Guideline-Directed Dedicated Views for Cardiac Dimensions and Left Ventricular Function. *JACC Cardiovasc Imaging* 16:1501–1515. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2022.12.020>
46. Wharton G, Steeds R, Allen J, et al (2015) A minimum dataset for a standard adult transthoracic echocardiogram: a guideline protocol from the British Society of Echocardiography. *Echo Res Pract* 2:G9–G24. <https://doi.org/10.1530/ERP-14-0079>
47. Hagendorff A, Fehske W, Flachskampf FA, et al (2020) Manual zur Indikation und Durchführung der Echokardiographie – Update 2020 der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie. *Kardiologie* 14:396–431. <https://doi.org/10.1007/s12181-020-00402-3>
48. Hagendorff A, Helfen A, Brandt R, et al (2024) Expert proposal to analyze the combination of aortic and mitral regurgitation in multiple valvular heart disease by comprehensive echocardiography. *Clin Res Cardiol* 113:393–411. <https://doi.org/10.1007/s00392-023-02227-y>
49. Via G, Hussain A, Wells M, et al (2014) International evidence-based recommendations for focused cardiac ultrasound. *J Am Soc Echocardiogr* 27:683.e1–683.e33. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.05.001>
50. Choi W, Cho YS, Ha YR, et al (2023) Role of point-of-care ultrasound in critical care and emergency medicine: update and future perspective. *Clin Exp Emerg Med* 10:363–381. <https://doi.org/10.15441/ceem.23.101>
51. Bøtker MT, Vang ML, Grøfte T, et al (2014) Routine pre-operative focused ultrasonography by anesthesiologists in patients undergoing urgent surgical procedures. *Acta Anaesthesiol Scand* 58:807–814. <https://doi.org/10.1111/aas.12343>
52. Andruszkiewicz P, Sobczyk D, Gorkiewicz-Kot I, et al (2015) Reliability of focused cardiac ultrasound by novice sonographer in preoperative anaesthetic assessment: an observational study. *Cardiovasc Ultrasound* 13:45. <https://doi.org/10.1186/s12947-015-0039-y>
53. Hall DP, Jordan H, Alam S, Gillies MA (2017) The impact of focused echocardiography using the Focused Intensive Care Echo protocol on the management of critically ill patients, and comparison with full echocardiographic studies by BSE-accredited sonographers. *J Intensive Care Soc* 18:206–211. <https://doi.org/10.1177/1751143717700911>
54. Jensen MB, Sloth E, Larsen KM, Schmidt MB (2004) Transthoracic echocardiography for cardiopulmonary monitoring in intensive care. *Eur J Anaesthesiol* 21:700–707. <https://doi.org/10.1017/s0265021504009068>

55. Breitzkreutz R, Walcher F, Seeger FH (2007) Focused echocardiographic evaluation in resuscitation management: concept of an advanced life support-conformed algorithm. Crit Care Med 35:S150-161. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000260626.23848.FC>
56. Spencer KT, Kimura BJ, Korcarz CE, et al (2013) Focused cardiac ultrasound: recommendations from the American Society of Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 26:567–581. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2013.04.001>
57. Neskovic AN, Edvardsen T, Galderisi M, et al (2014) Focus cardiac ultrasound: the European Association of Cardiovascular Imaging viewpoint. Eur Heart J Cardiovasc Imaging 15:956–960. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeu081>
58. Neskovic AN, Skinner H, Price S, et al (2018) Focus cardiac ultrasound core curriculum and core syllabus of the European Association of Cardiovascular Imaging. Eur Heart J Cardiovasc Imaging 19:475–481. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jey006>
59. Kratz T, Campo Dell’Orto M, Exner M, et al (2015) Focused intraoperative transthoracic echocardiography by anesthesiologists: a feasibility study. Minerva Anesthesiol 81:490–496
60. Tsou P-Y, Kurbedin J, Chen Y-S, et al (2017) Accuracy of point-of-care focused echocardiography in predicting outcome of resuscitation in cardiac arrest patients: A systematic review and meta-analysis. Resuscitation 114:92–99. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.02.021>
61. Yamada H, Ohara T, Abe Y, et al (2024) Guidance for performance, utilization, and education of cardiac and lung point-of-care ultrasonography from the Japanese Society of Echocardiography. J Echocardiogr. <https://doi.org/10.1007/s12574-024-00649-9>
62. Scalea TM, Rodriguez A, Chiu WC, et al (1999) Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST): results from an international consensus conference. J Trauma 46:466–472. <https://doi.org/10.1097/00005373-199903000-00022>

20 Appendix

Informationen für Herzpatienten, Deutsche Herzstiftung

Dokumentation der eingegangenen Kommentare im Rahmen der Konsultation

Versionsnummer: 1.0

Erstveröffentlichung: 09/2025

Nächste Überprüfung geplant: 08/2030

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**