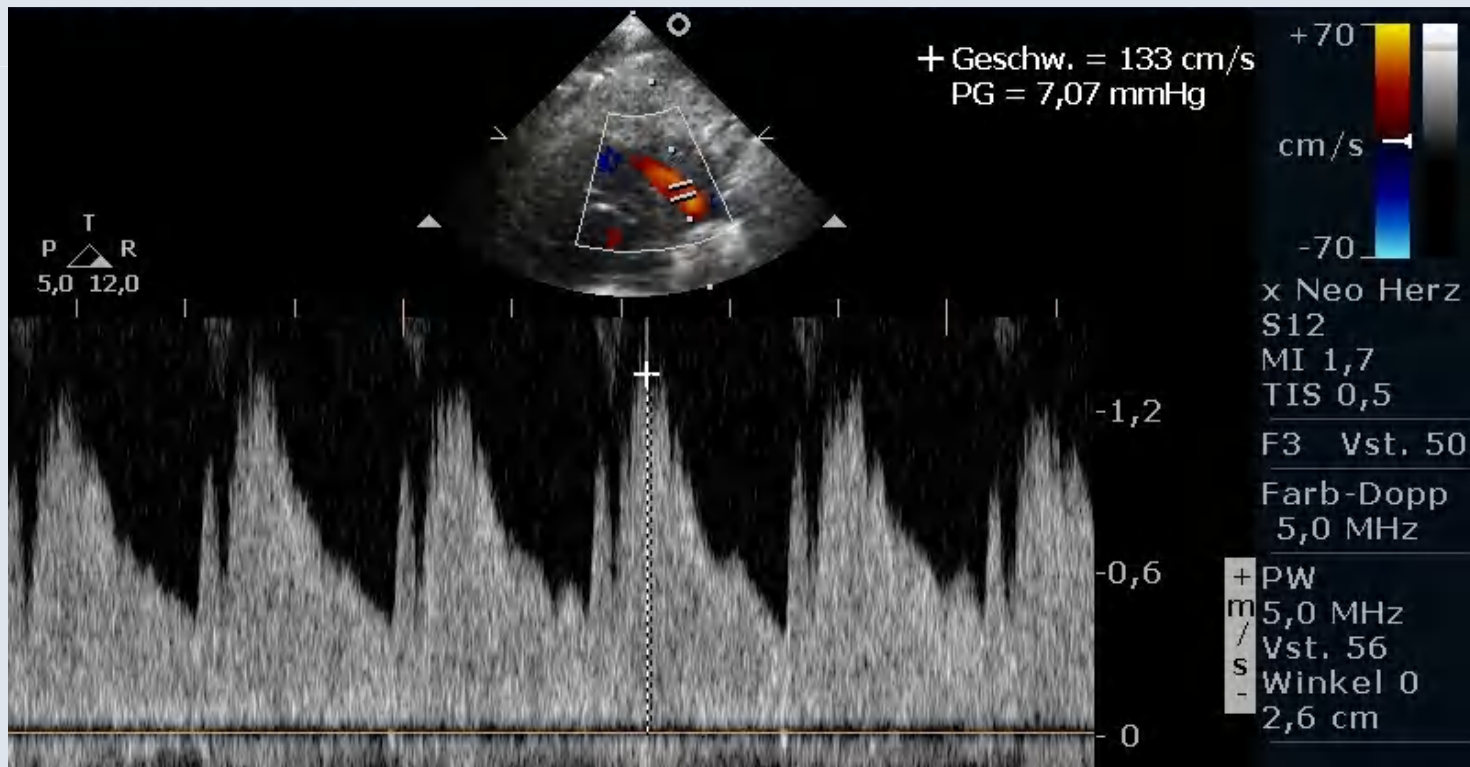


Funktionelle Echokardiographie



Funktionelle Echokardiographie

Bedeutsamkeit eines PDA

Pulmonale Hypertension

Hypotension und Schock

Man erkennt kardiozirkulatorische Beeinträchtigungen früher, wird geleitet bei der Auswahl der Therapie, kann den Therapieerfolg überwachen und verbessert das Outcome.

Funktionelle Echokardiographie

Kardiale Funktion

Vorlast und Nachlast

Bedeutsamkeit von Shunts

Bedeutsamkeit von Stenosen

Vor jeder funktionellen Untersuchung muss eine Standard-Echokardiographie sicherstellen, dass kein Herzfehler vorliegt.

Funktionelle Echokardiographie für den Alltag

B-Mode

M-Mode

Farbdoppler

PW-Doppler

CW-Doppler



Funktionelle Echokardiographie für die Forschung

Tissue Doppler

Speckle Tracking

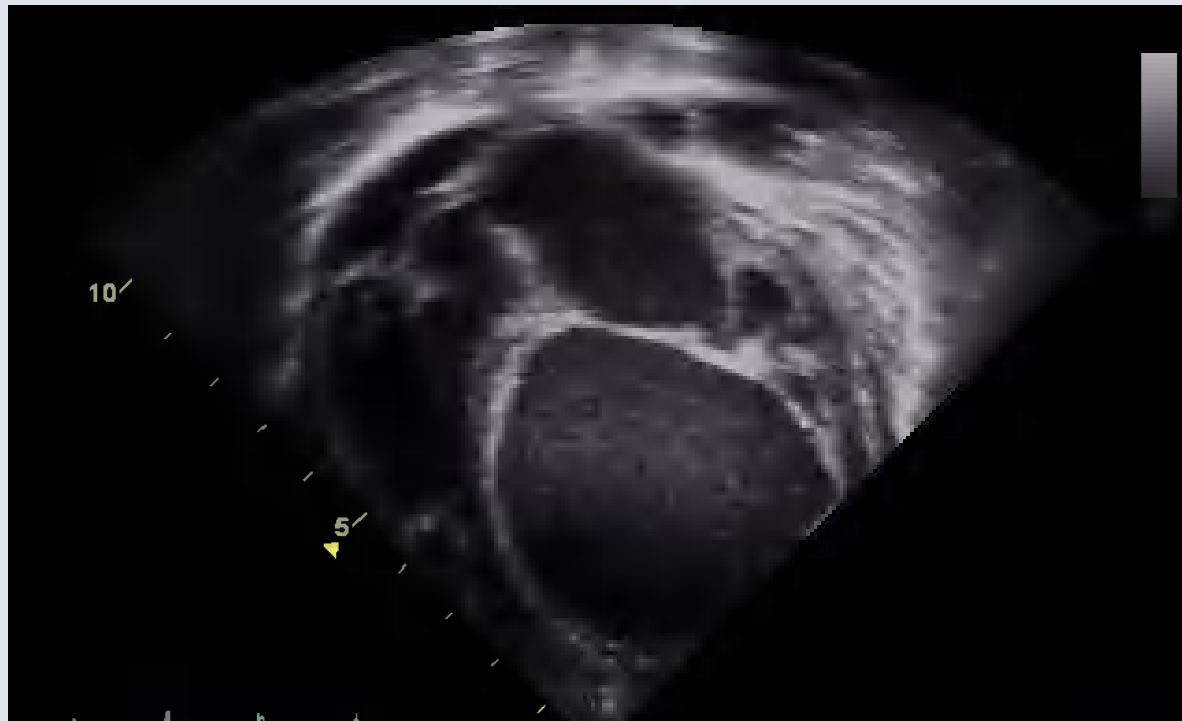
3D-Echo



Es gibt bei Neonaten sogar Normwerte für die im Tissue Doppler (Color oder PW) gemessene Geschwindigkeit der Myokarddeformierung, die Messungen sind einigermaßen zuverlässig.

Ventrikelfunktion

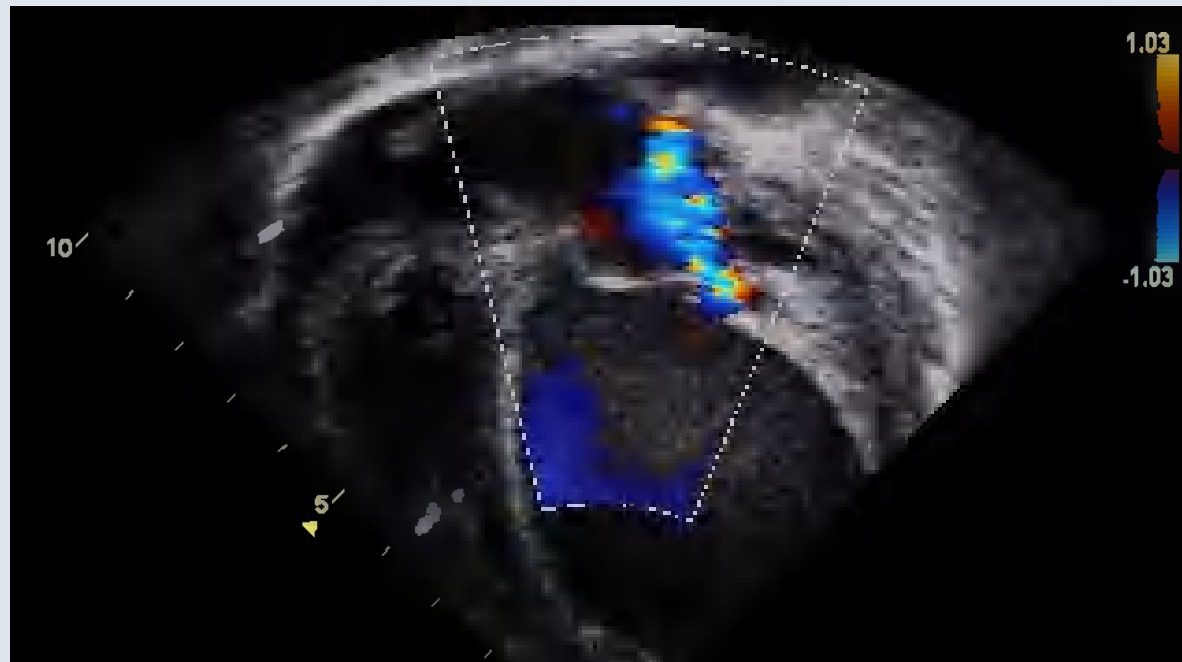
B-Mode



Eyeballing: linker Ventrikel groß, müde Kontraktion, großer linker Vorhof.

Ventrikelfunktion

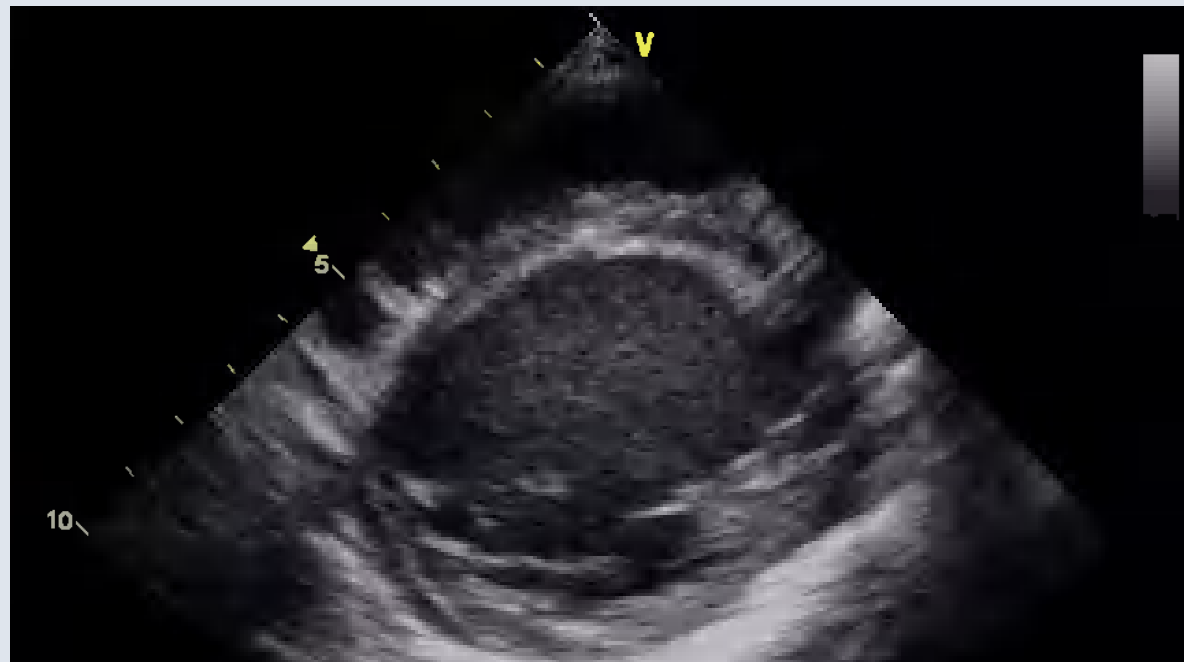
Farbdoppler



Mitralinsuffizienz als Marker für Ventrikeldilatation und / oder ischämische Schädigung des Mitralklappenhalteapparates.

Ventrikelfunktion

B-Mode

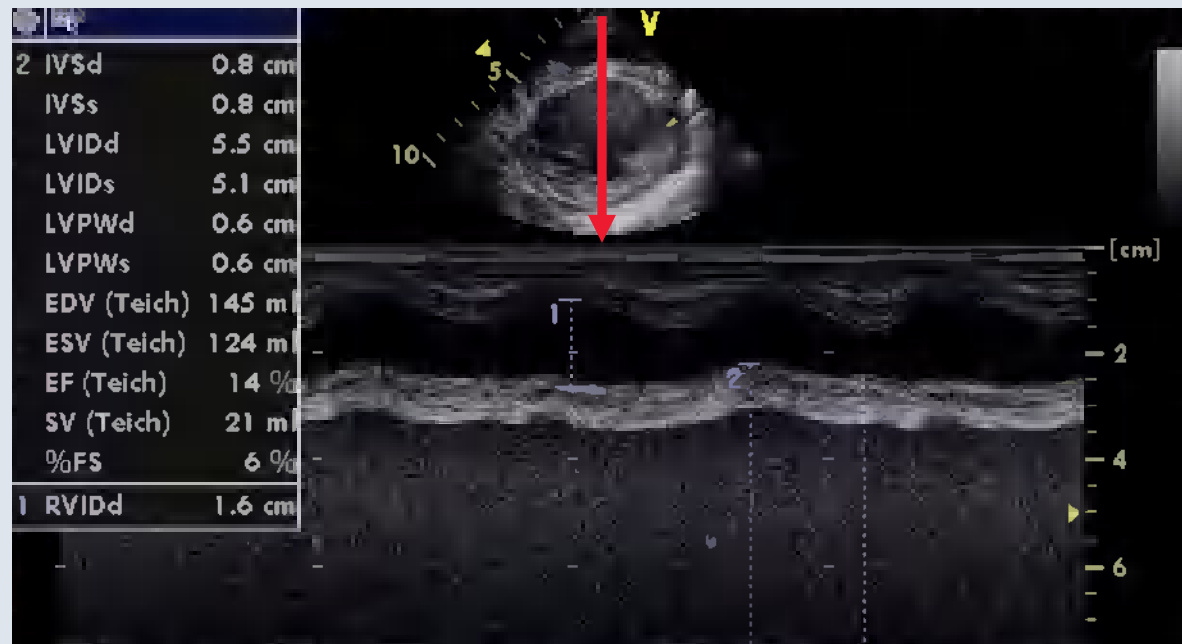


Eyeballing: auch im parasternalen Querschnitt balloniert wirkender linker Ventrikel

Messung der Verkürzungsfraktion (SF) im
parasternalen Längs- oder Querschnitt

Ventrikelfunktion

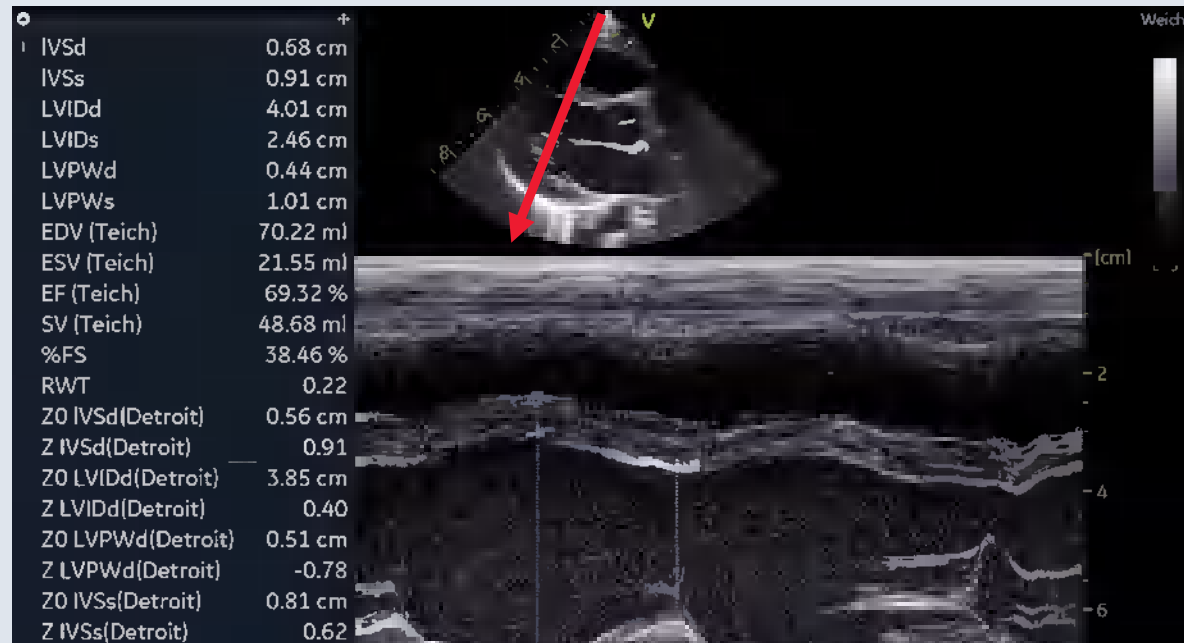
M-Mode



Choudhry S et al.: Normative Left Ventricular M-Mode Echocardiographic Values in Preterm Infants up to Two Kilograms J Am Soc Echocardiogr 2017
→ 503 Frühgeborene in die Studie eingeschlossen

Ventrikelfunktion

M-Mode

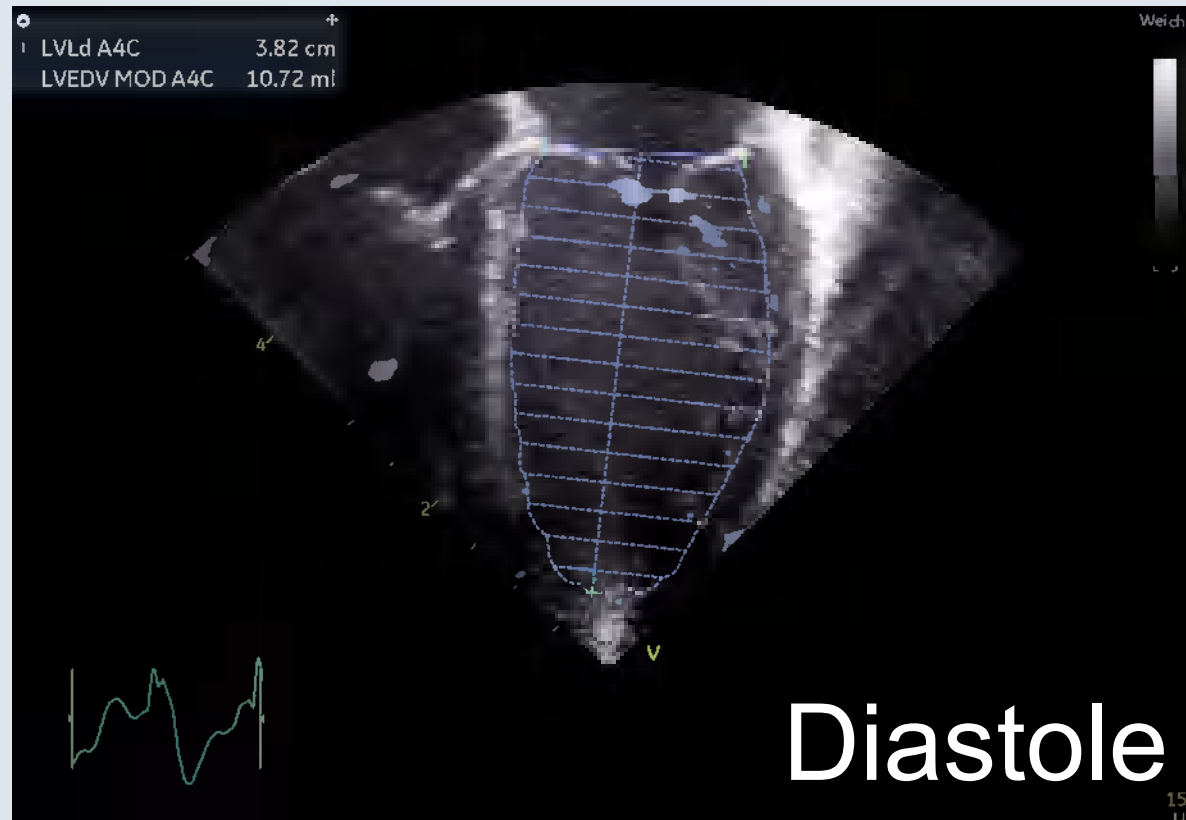


Choudhry S et al.: Normative Left Ventricular M-Mode Echocardiographic Values in Preterm Infants up to Two Kilograms J Am Soc Echocardiogr 2017
→ 503 Frühgeborene in die Studie eingeschlossen; Detroit-Normwerte

Messung der Ejektionsfraktion (EF) im
apikalen Vierkammer- und Zweikammerblick

Ventrikelfunktion

B-Mode

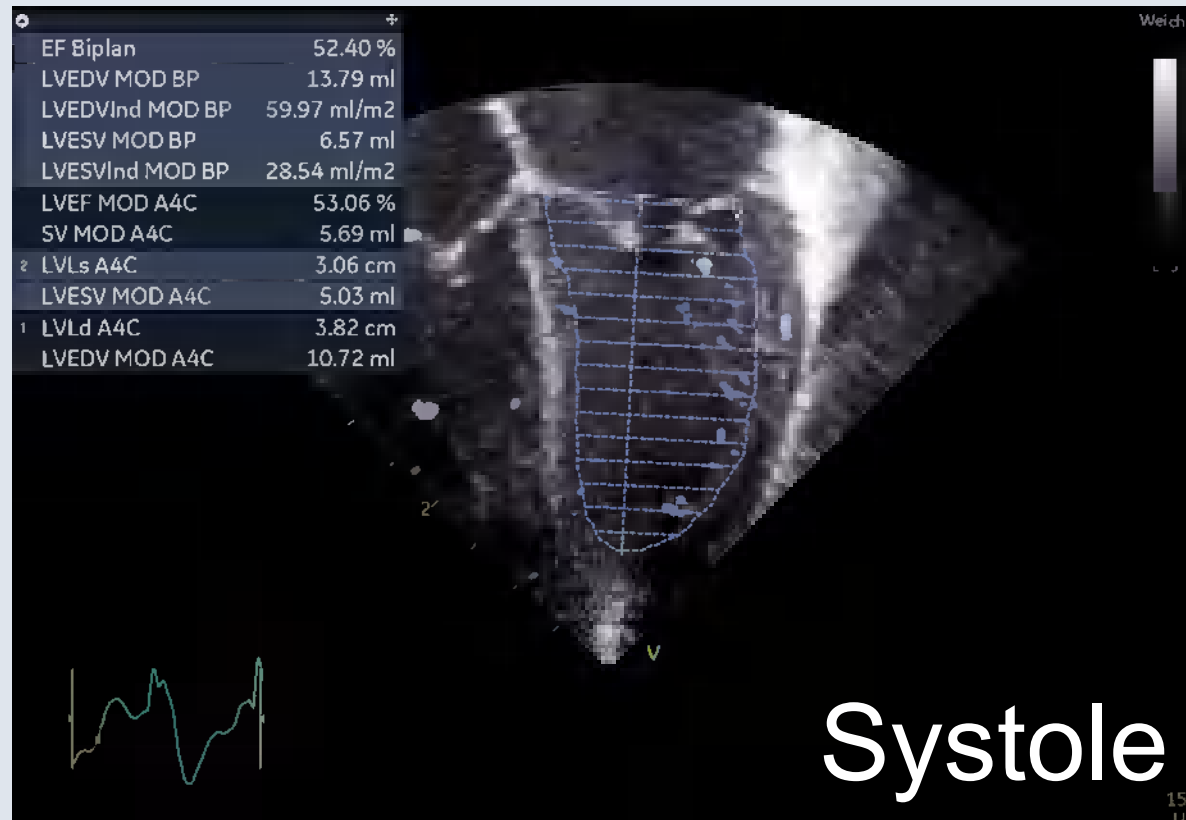


Messung der Ejektionsfraktion (EF) im
apikalen Vierkammer- und Zweikammerblick

→ Berechnung im Meßmenü (geometrische Annahmen)

Ventrikelfunktion

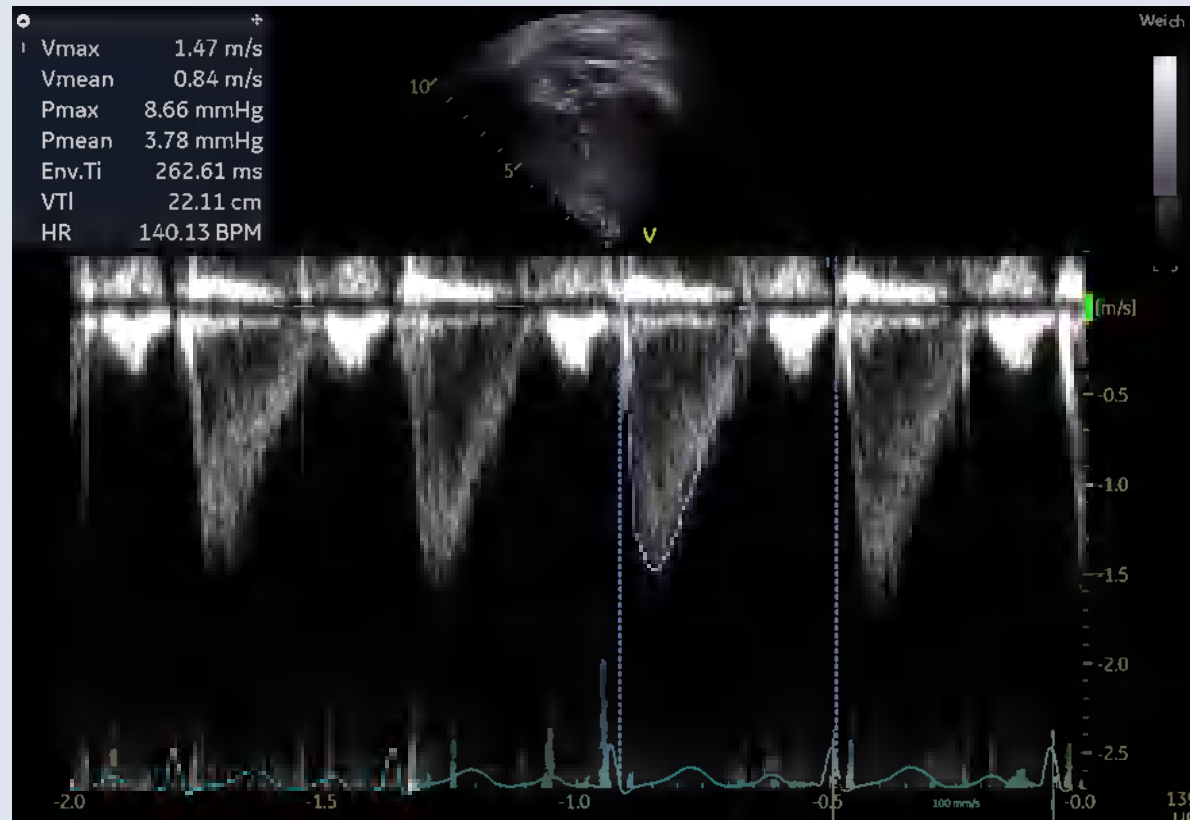
B-Mode



Messung des VTI (Velocity Time Integral)
als Marker für das Schlagvolumen

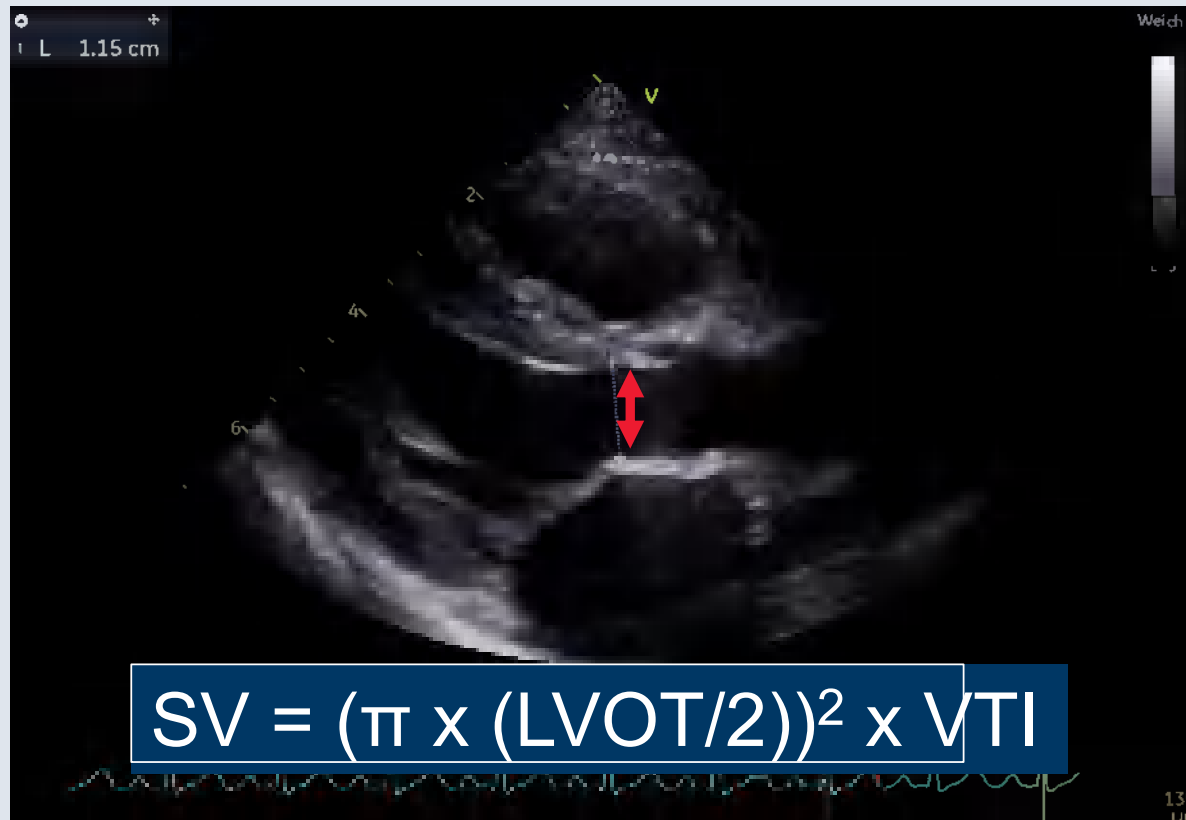
Ventrikelfunktion

PW-Doppler



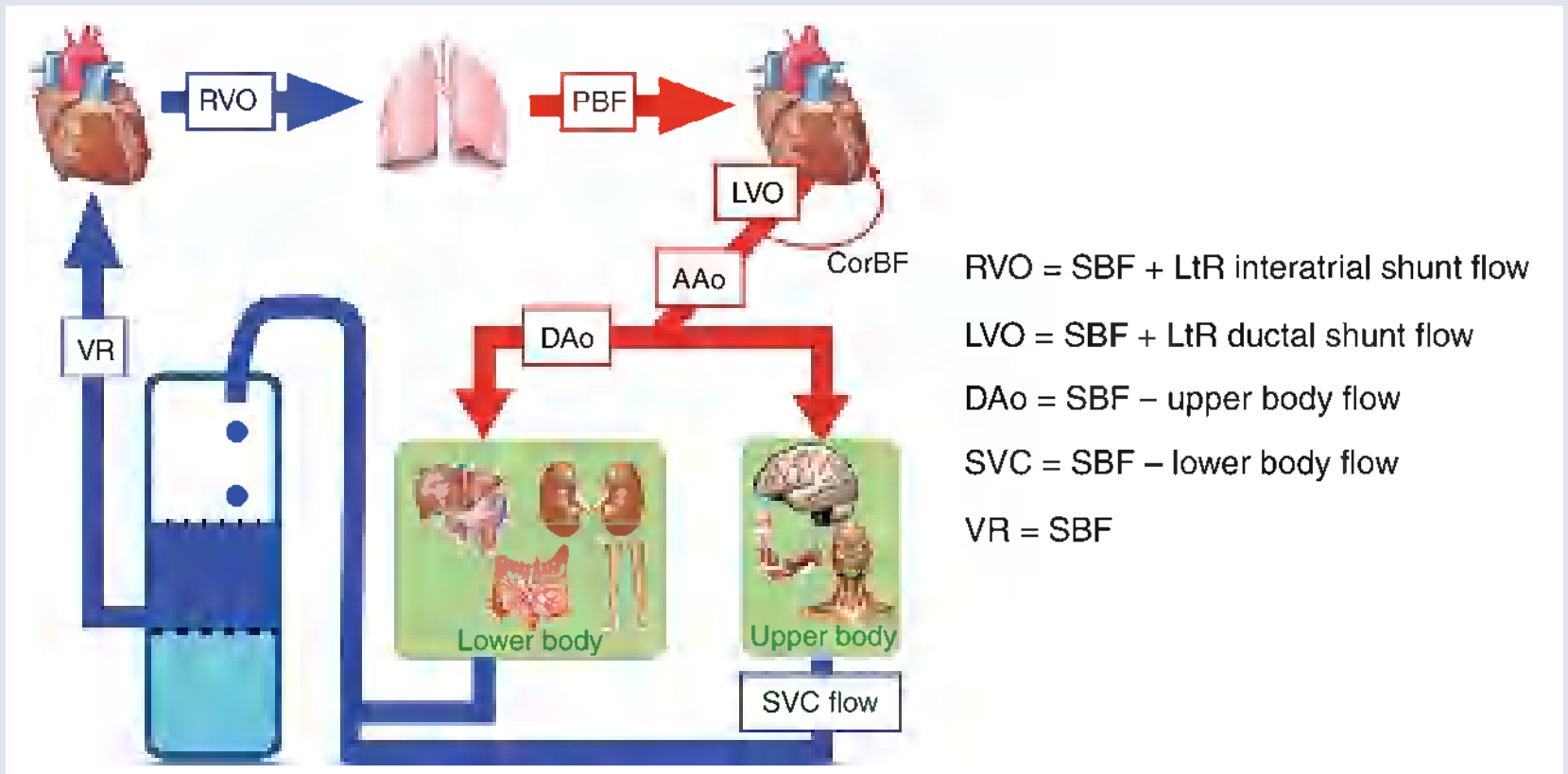
Ventrikelfunktion

B-Mode



Berechnung des Herzminutenvolumens aus
Schlagvolumen x Herzfrequenz.
Störanfällig, solange fetale Shunts bestehen,
hohe Intra- und Interobserver-Variabilität.

Herzminutenvolumen



Trotz der methodischen Problem gibt es für das
rechts- und linksventrikuläre Herzminutenvolumen
im Neugeborenenalter Normwerte!

De Boode WP et al. Pediatric Research 2018

Table 1. Reference values blood flow measurements in mean (SD)
mL/kg/min ^{12,28,36,38-50}

	Postnatal age			
	3-9 h	24 h	Day 2	Days 7-14
RVO				
Preterm		260 (90)	270 (90)	430 (100)
Term		255 (60)		
LVO				
Preterm		240 (60)	260 (60)	400 (75)
Term		220 (60)		
SVC flow				
Preterm	60 (25)	80 (20)	90 (25)	90 (30)
Term	75 (25)	95 (30)	100 (30)	

RVO right ventricular output, LVO left ventricular output, SVC superior vena cava

Ventrikelfunktion rechts

B-Mode



Eyeballing: schwieriger als beim linken Ventrikel

Ventrikelfunktion rechts

B-Mode

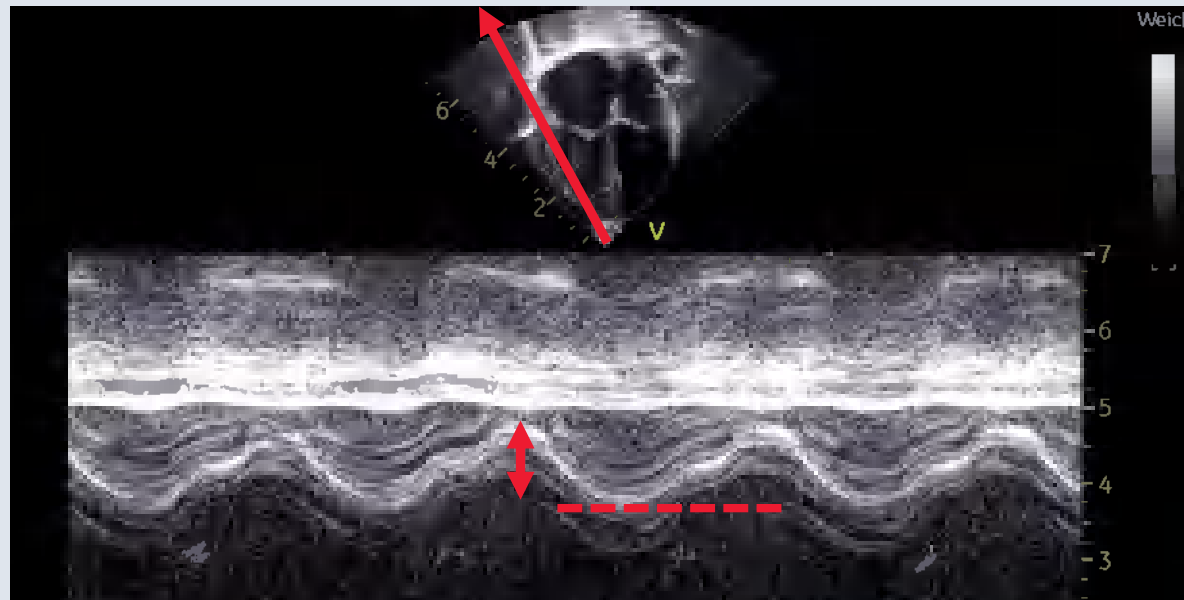


Eyeballing: schwieriger als beim linken Ventrikel

Die Messung der TAPSE (Tricuspid Annular Systolic Plane Excursion) ist ziemlich eine ziemlich robuste Methode, die rechtsventrikuläre Funktion abzuschätzen. Normal sind bei Neugeborenen Werte ≥ 9 mm.

Ventrikelfunktion rechts

M-Mode

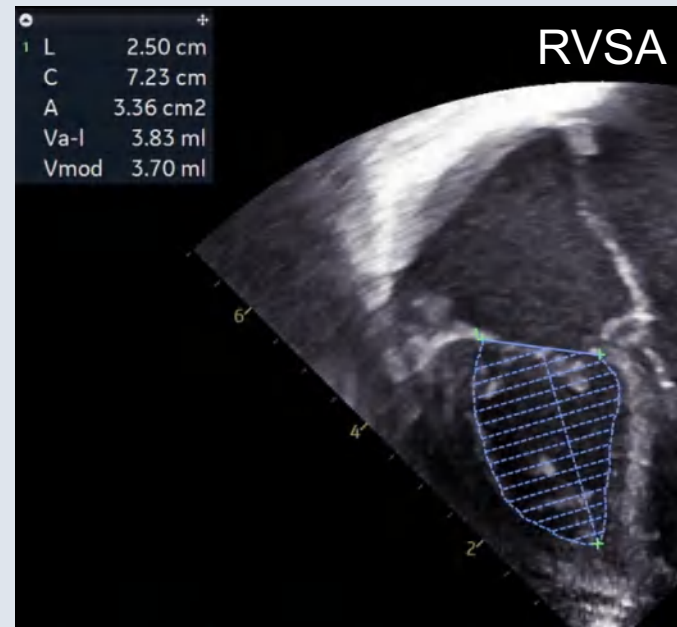
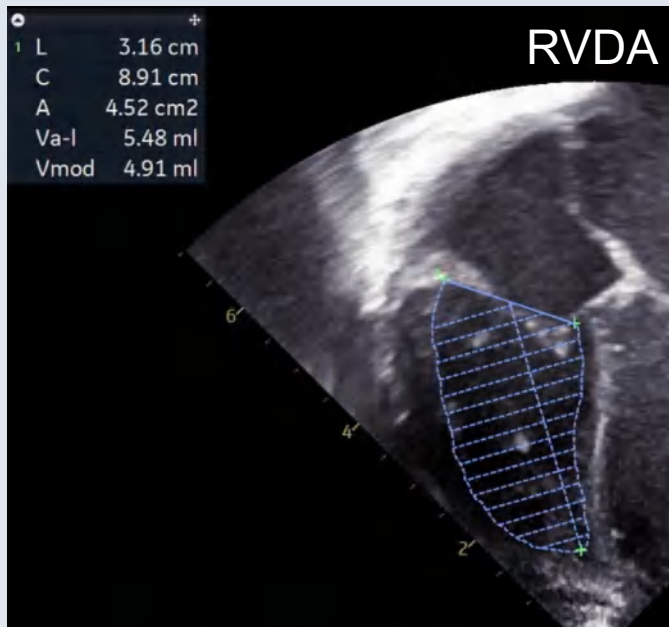


Koestenberger M et al.: Right Ventricular Function in Infants, Children and Adolescents: Reference Values of the Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE) in 640 Healthy Patients and Calculation of Z-score Values J Am Soc Echocardiogr 2009 → 41 Neonaten und 87 Säuglinge in die Studie eingeschlossen

Die Messung der FAC (Fractional Area of Contraction) im Vierkammerblick misst Änderungen der Fläche des rechten Ventrikels, braucht also keine geometrischen Annahmen. Normal sind um 25-35% bei Geburt.

Ventrikelfunktion rechts

B-Mode

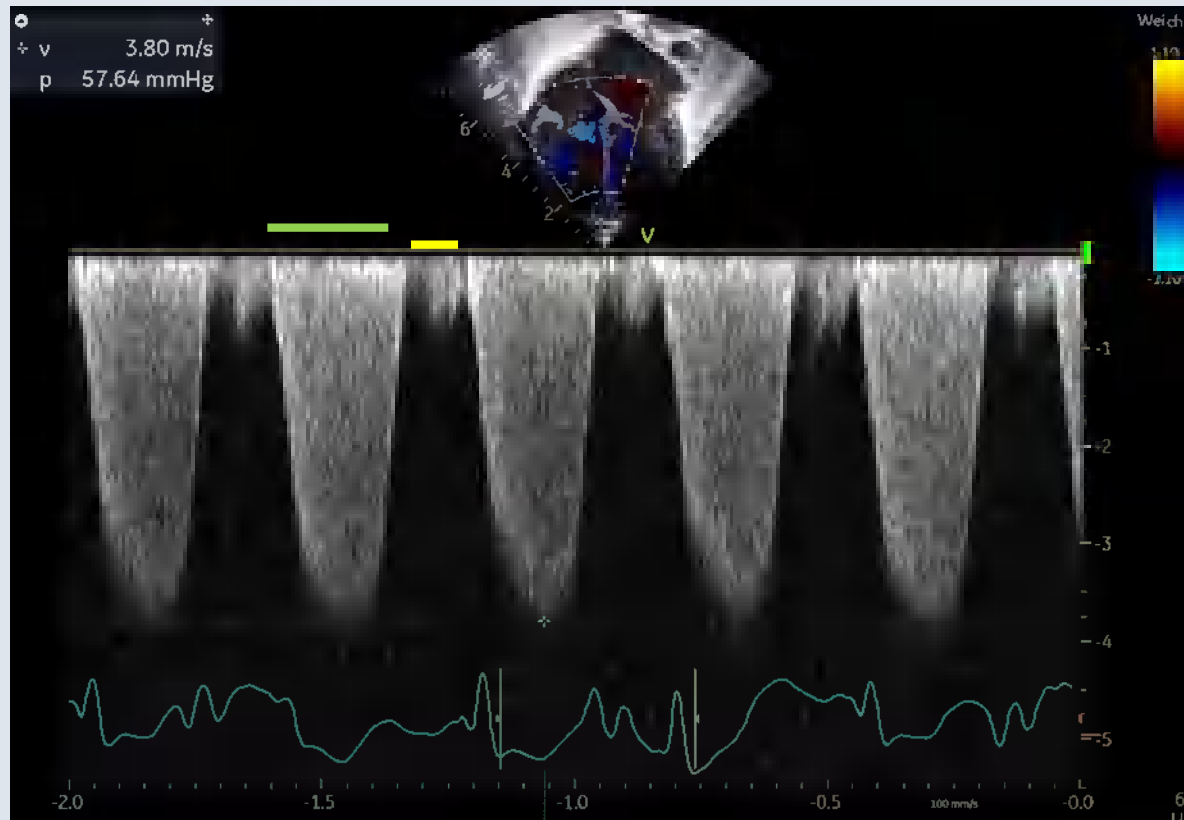


Levy PT et al.: Right Ventricular Function in Preterm and Term Neonates: Reference Values for Right Ventricle Areas and Fractional Area Of Change **J Am Soc Echocardiogr 2015**

Das Verhältnis von Systole (grün) zu Diastole (gelb) beschreibt die systolische Ventrikelfunktion ganz gut. Für den rechten Ventrikel gilt ein $S/D > 1,3$ als hochpathologisch.

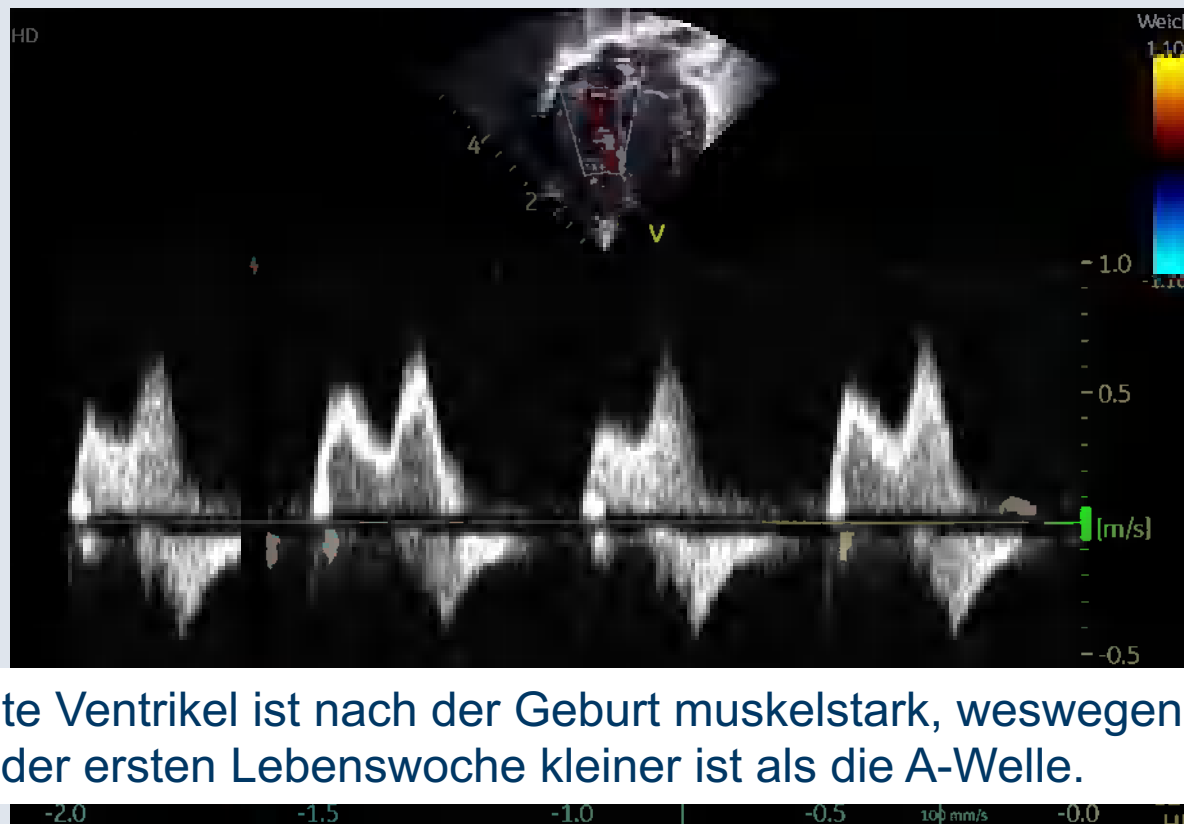
Ventrikelfunktion rechts

CW-Doppler



Ventrikelfunktion diastolisch

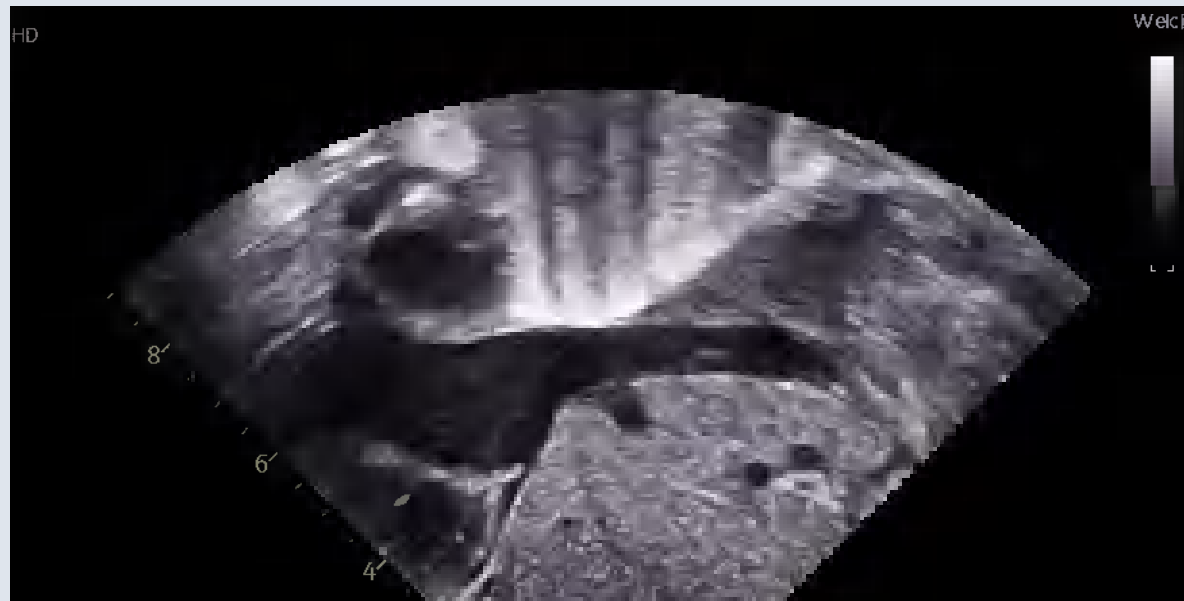
PW-Doppler



Der rechte Ventrikel ist nach der Geburt muskelstark, weswegen die E-Welle in der ersten Lebenswoche kleiner ist als die A-Welle.

Vorlast

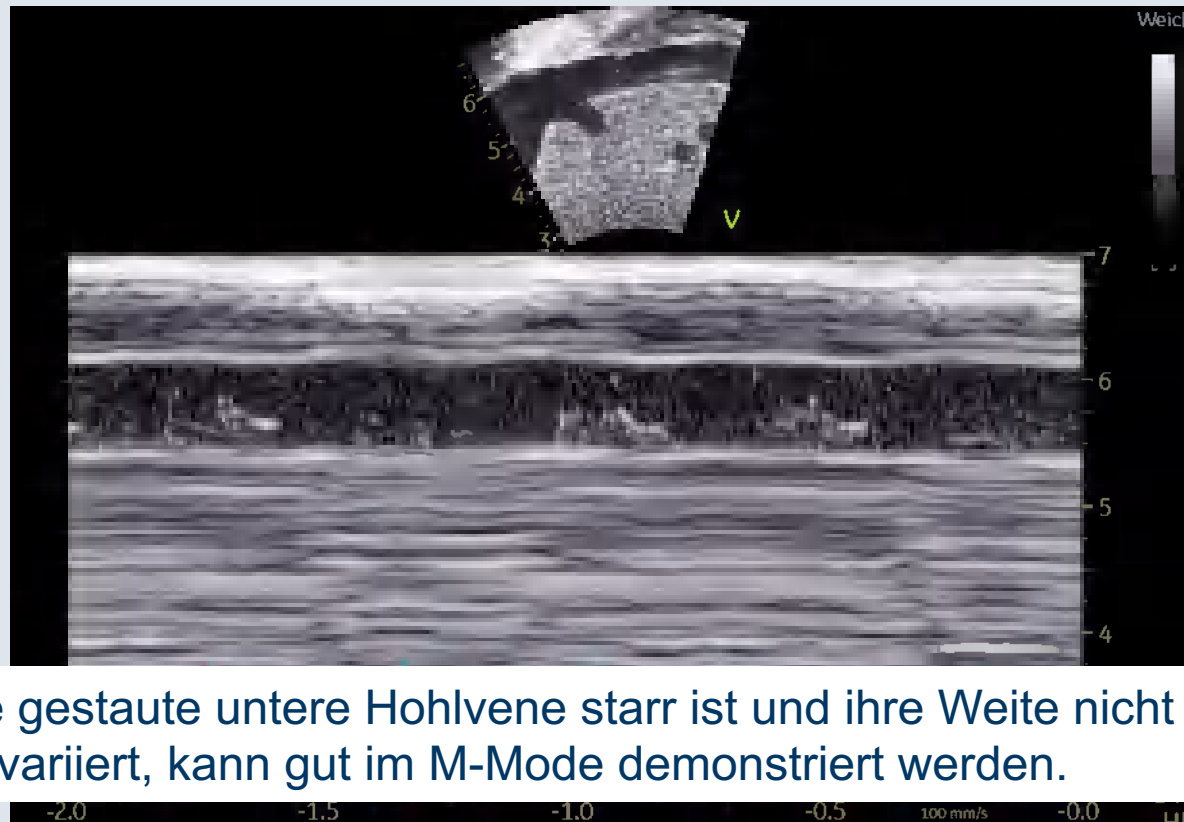
B-Mode



Bei zu geringer venöser Füllung (= geringer rechtsventrikulärer Vorlast) kollabiert die untere Hohlvene inspiratorisch. Bei zu starker Füllung ist sie weit und starr.

Vorlast

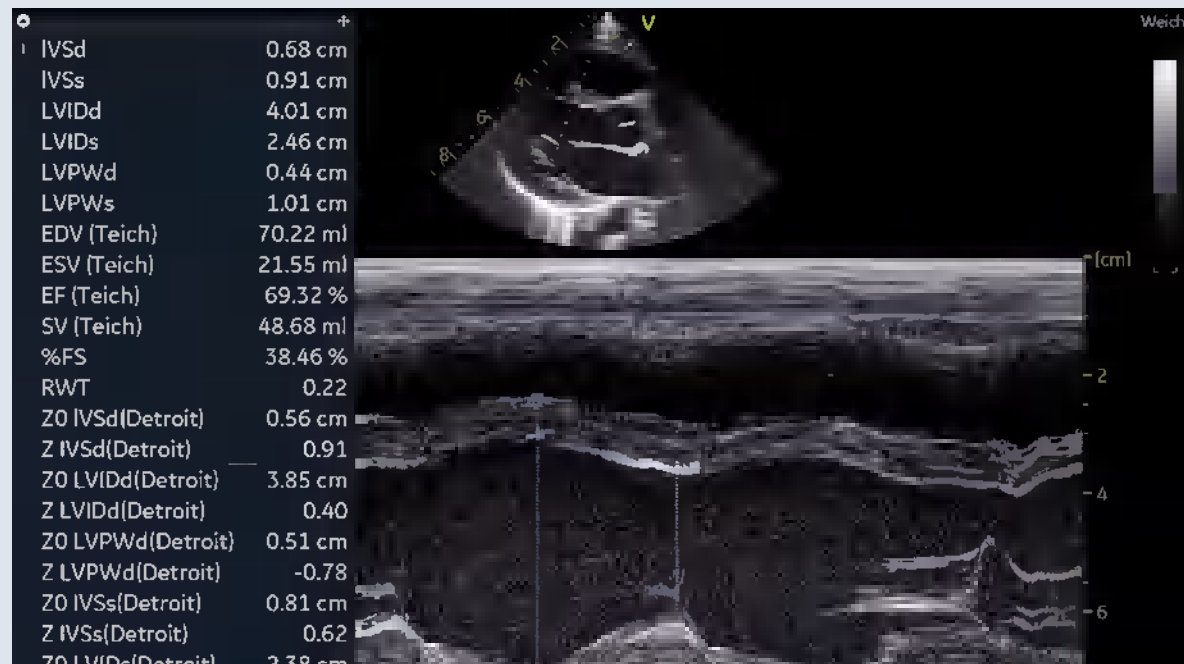
M-Mode



Dass die gestaute untere Hohlvene starr ist und ihre Weite nicht mit der Atmung variiert, kann gut im M-Mode demonstriert werden.

Vorlast

M-Mode



Eine erhöhte linksventrikuläre Vorlast lässt sich im M-Mode zeigen (erhöhter linksventrikulärer diastolischer Durchmesser).

Bedeutsamkeit von Shunts

B-Mode



Eyeballing: Hier wirken der rechte Ventrikel und der rechte Vorhof vergrößert, z.B. wegen eines bedeutsamen Shunts über einen ASD.

Bedeutsamkeit von Shunts

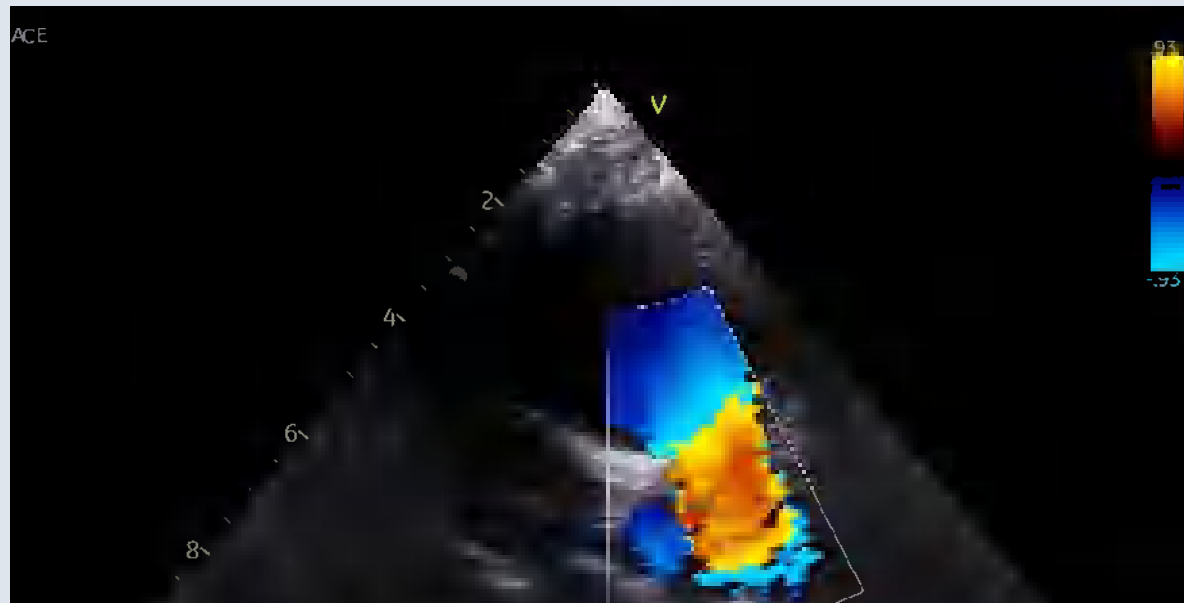
B-Mode



Eyeballing: Auch im Querschnitt wirkt der rechte Ventrikel groß. Die leicht abgeflachte Stellung des Ventrikelseptums weist in diesem Fall auf eine Volumenlast hin, nicht auf eine Druckbelastung des rechten Ventrikels.

Bedeutsamkeit von Shunts

Farbdoppler



Die Flussbeschleunigung an der Pulmonalklappe (Turbulenz im Farbdoppler) kann auf eine relative Stenose hinweisen: Das normale Herzminutenvolumen plus das Shuntvolumen sind zuviel für die Klappe.

Bedeutsamkeit von Shunts

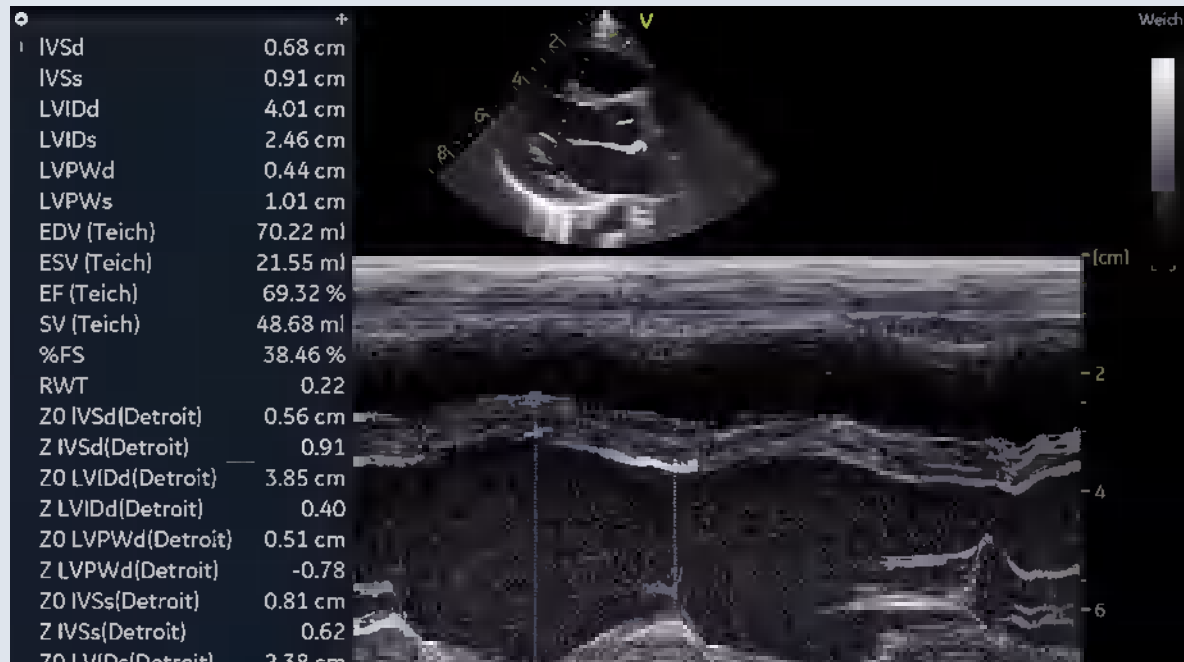
B-Mode



Eyeballing: Hier wirkt der linke Ventrikel vergrößert, z.B. wegen eines bedeutsamen Shunts über einen VSD.

Bedeutsamkeit von Shunts

M-Mode



Eine Vergrößerung des linksventrikulären diastolischen Durchmessers (>2 SD) kann Ausdruck eines bedeutsamen Shunts sein.

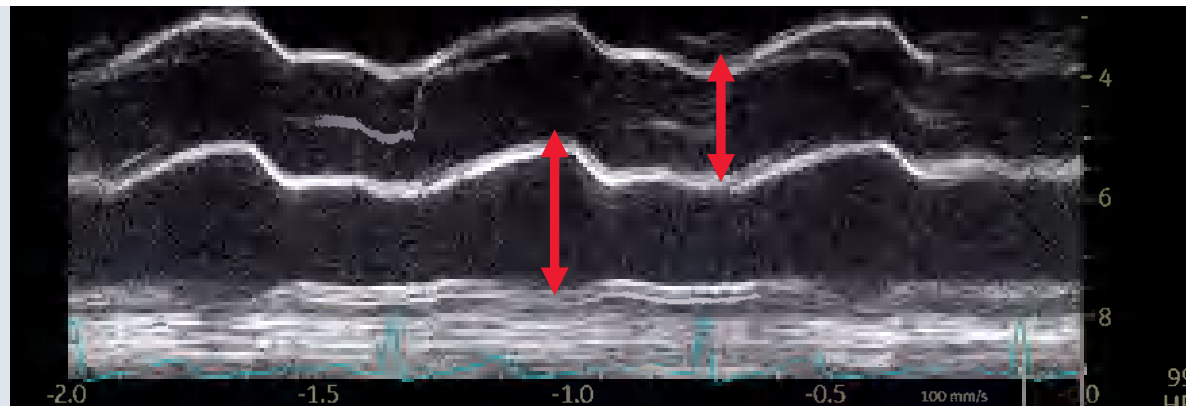
Messung im M-Mode im parasternalen Längsschnitt:
Aortenklappendurchmesser spätsystolisch,
Vorhofdurchmesser in größter Ausdehnung.
Pathologisch sind Werte $>1,5$.

Bedeutsamkeit von Shunts

M-Mode



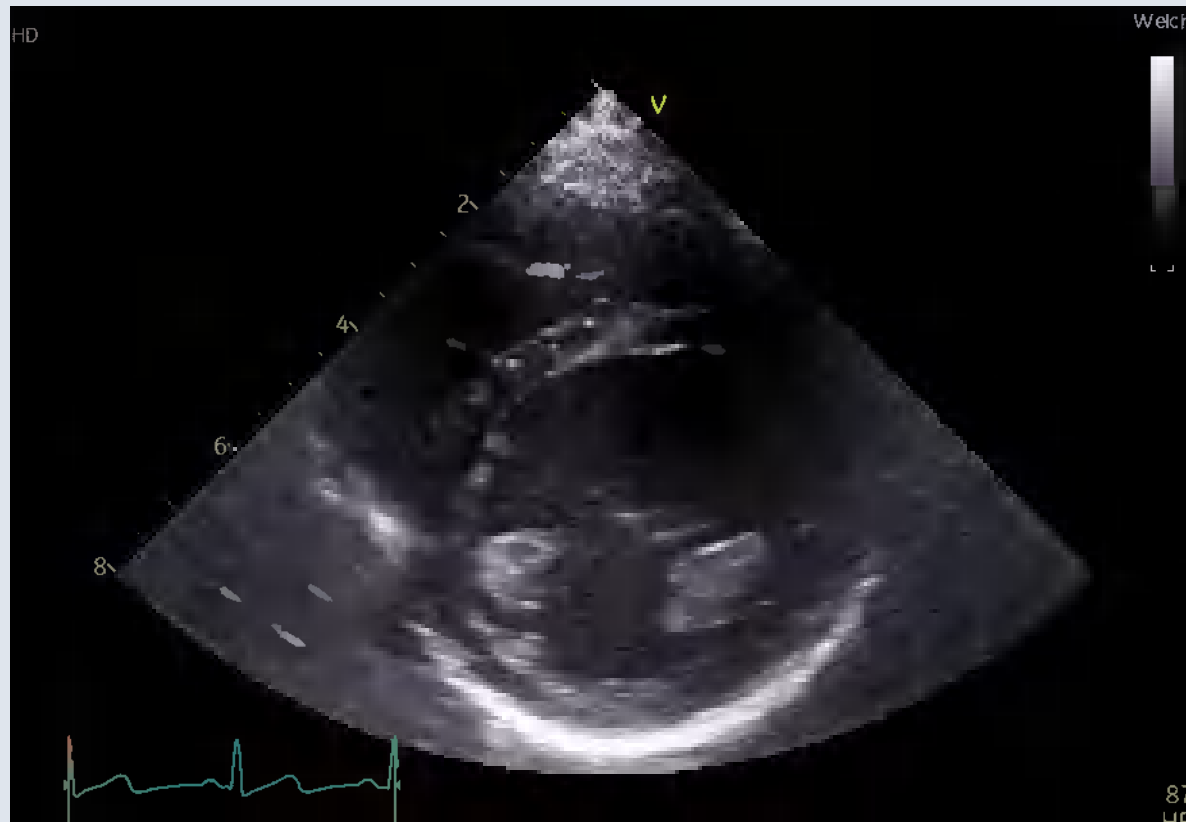
Die linksatriale Vergrößerung kann nachgewiesen werden durch Vergleich des (variablen) linksatrialen Durchmessers mit dem (nicht variablen) Durchmesser der Aortenklappe.



Visuelle Analogskala:
Druck im rechten Ventrikel
normal, maximal 50% Systemdruck

Nachlast

B-Mode



Visuelle Analogskala:
Druck im rechten Ventrikel
50-100% Systemdruck

Nachlast

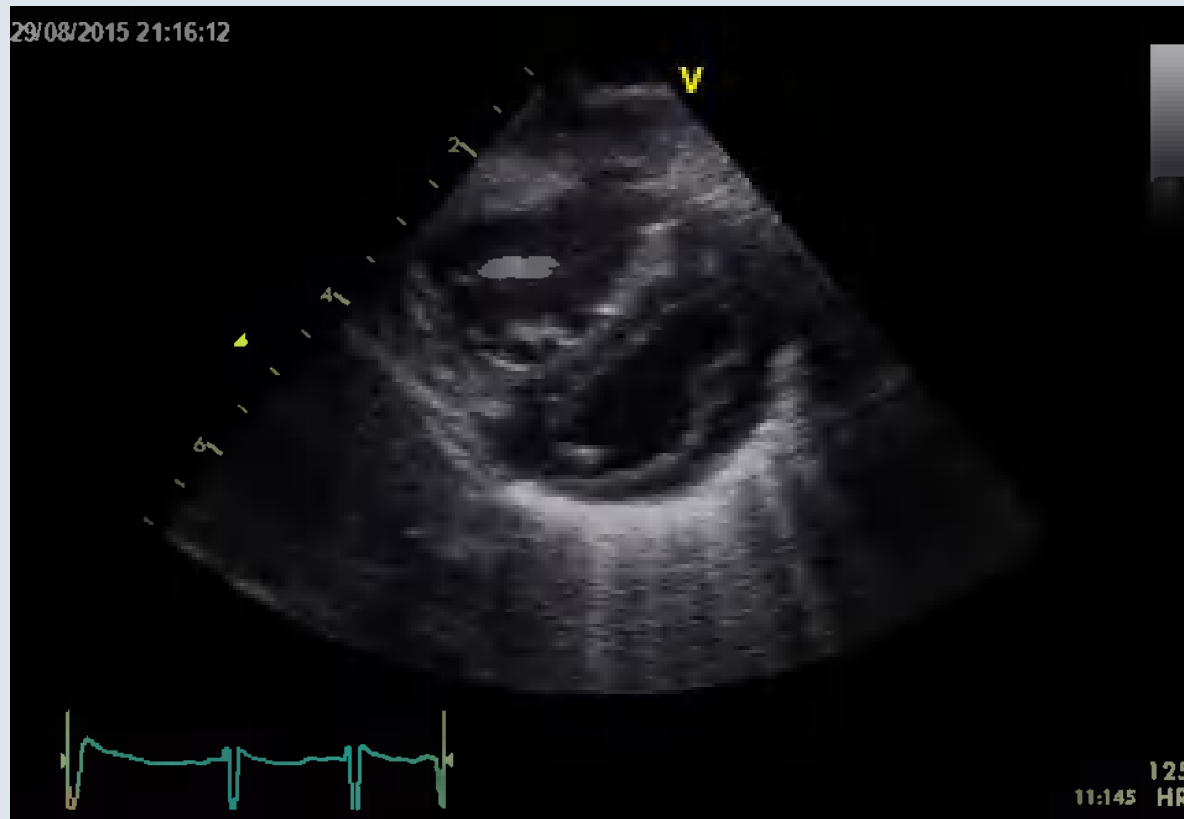
B-Mode



Visuelle Analogskala:
Druck im rechten Ventrikel
suprasystemisch (>100% Systemdruck)

Nachlast

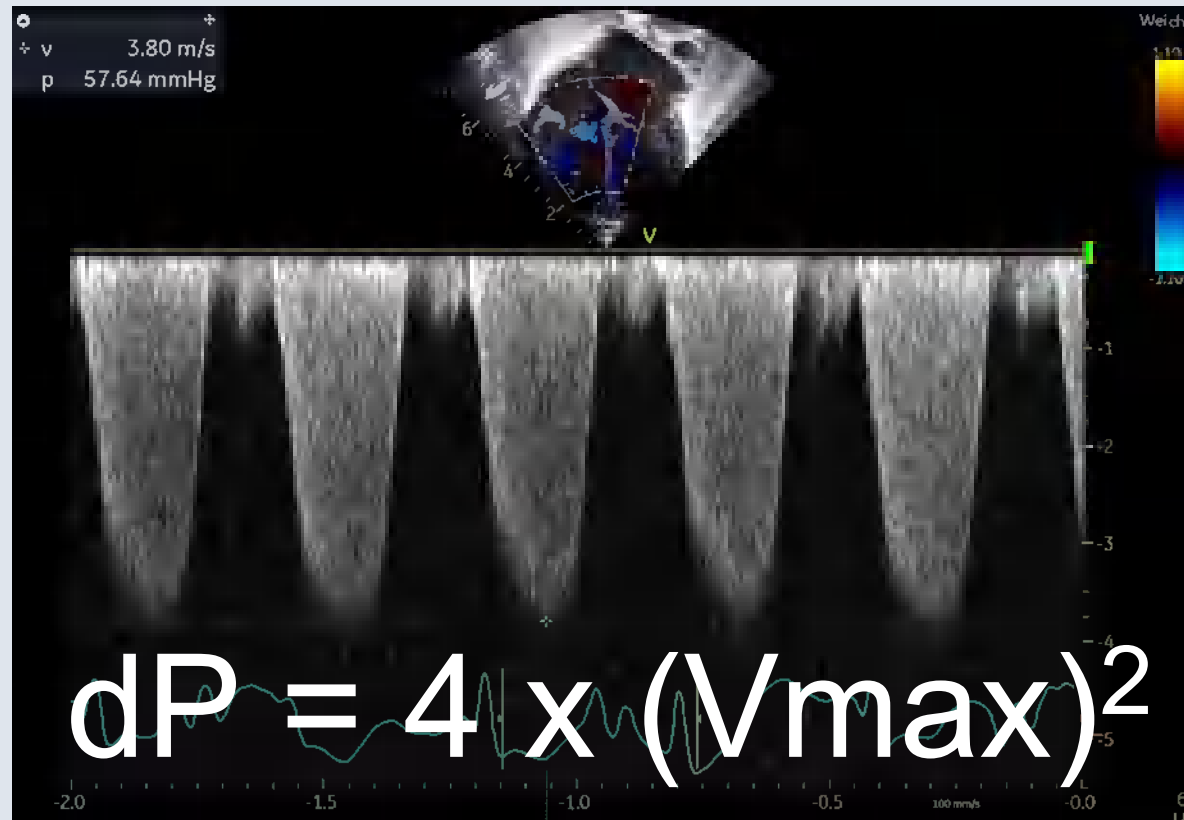
B-Mode



Messung des rechtsventrikulären Druckes durch Untersuchung der Trikuspidalklappeninsuffizienz im CW-Doppler: Bestimmung des Druckgradienten (dP) zwischen rechtem Ventrikel und rechten Vorhof.

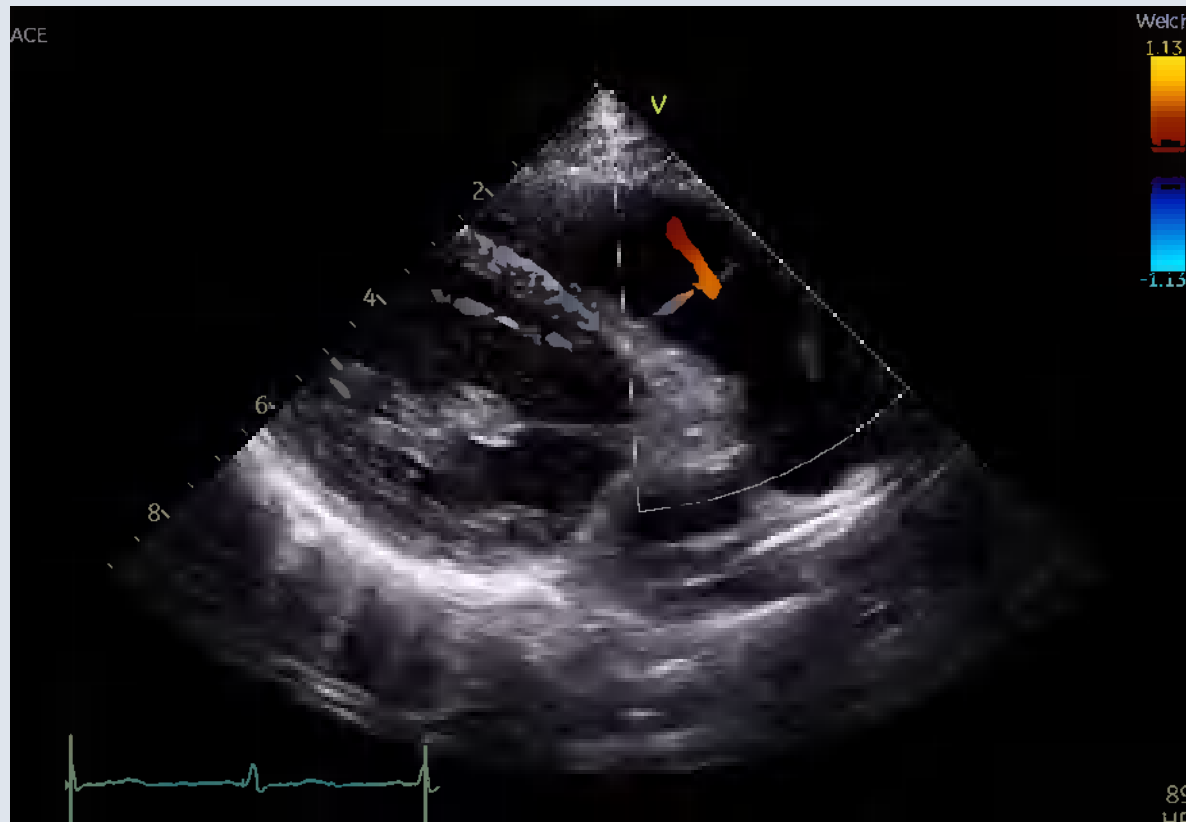
Nachlast

CW-Doppler



Nachlast

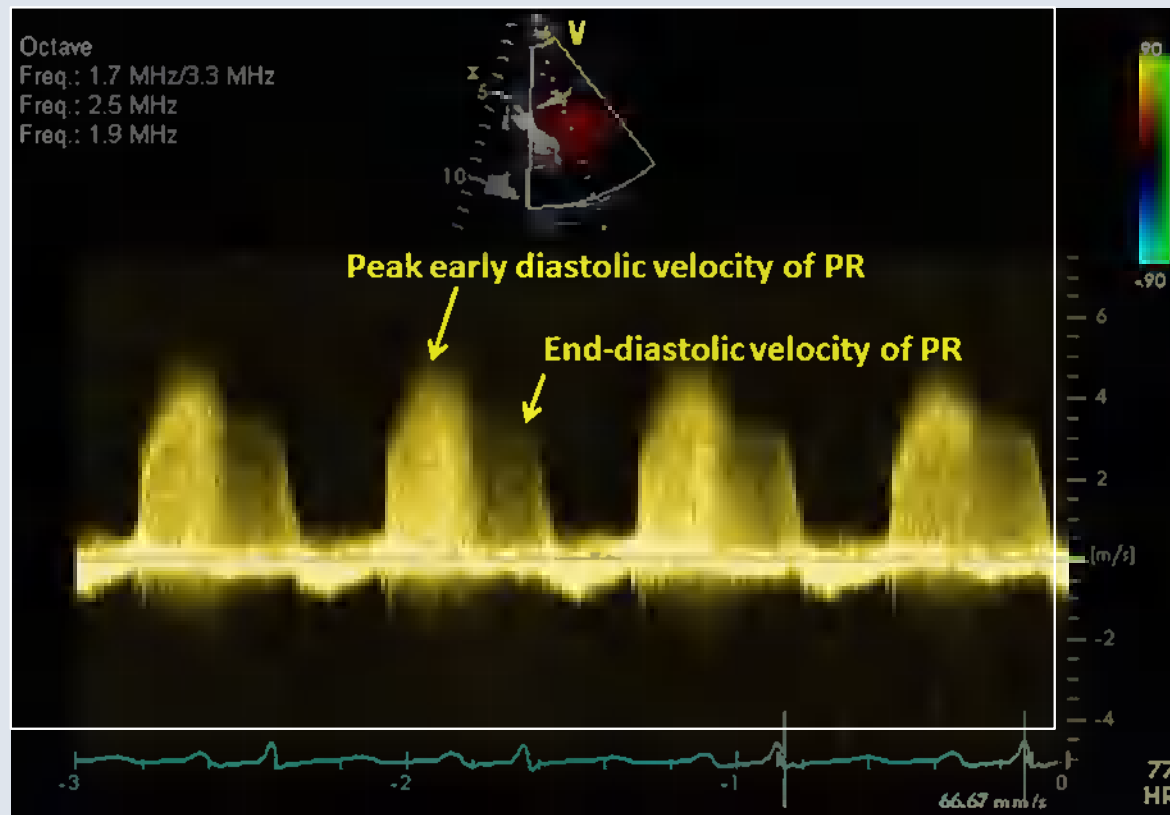
Farbdoppler



Untersuchung der Pulmonalklappeninsuffizienz im CW-Doppler: Bestimmung des Druckgradienten (dP) zwischen Pulmonalarterie und rechtem Ventrikel (frühdiaastolisch mPAP, spätdiaastolisch dPAP)

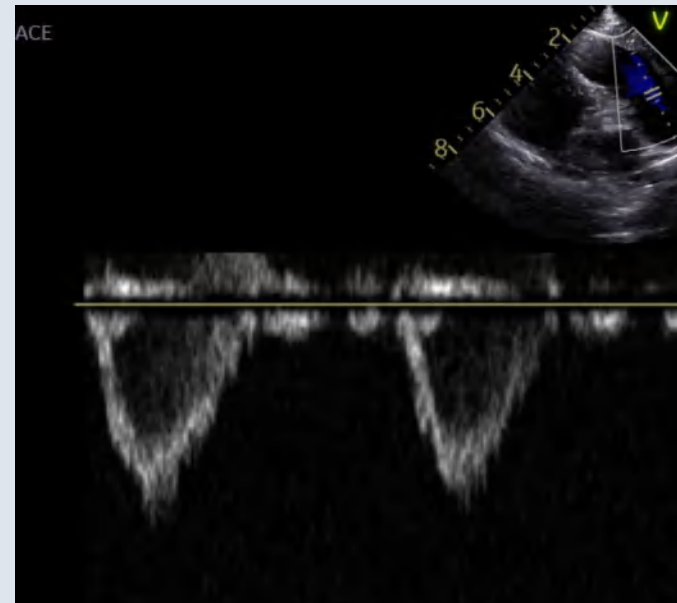
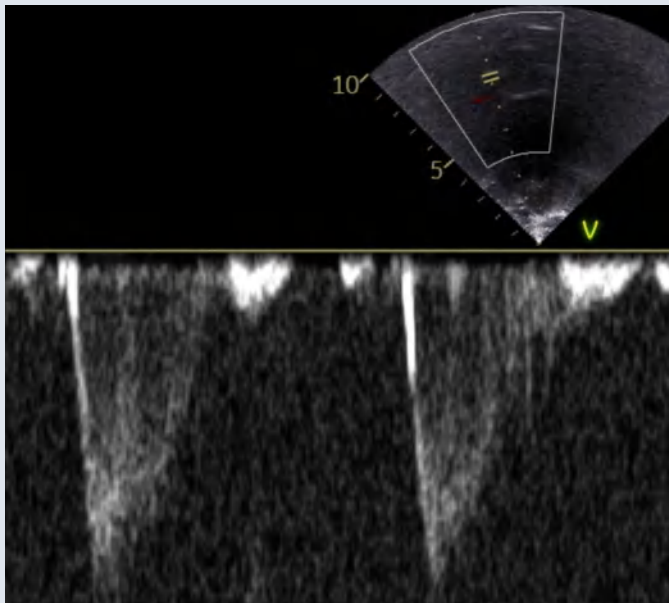
Nachlast

CW-Doppler



Nachlast

PW-Doppler

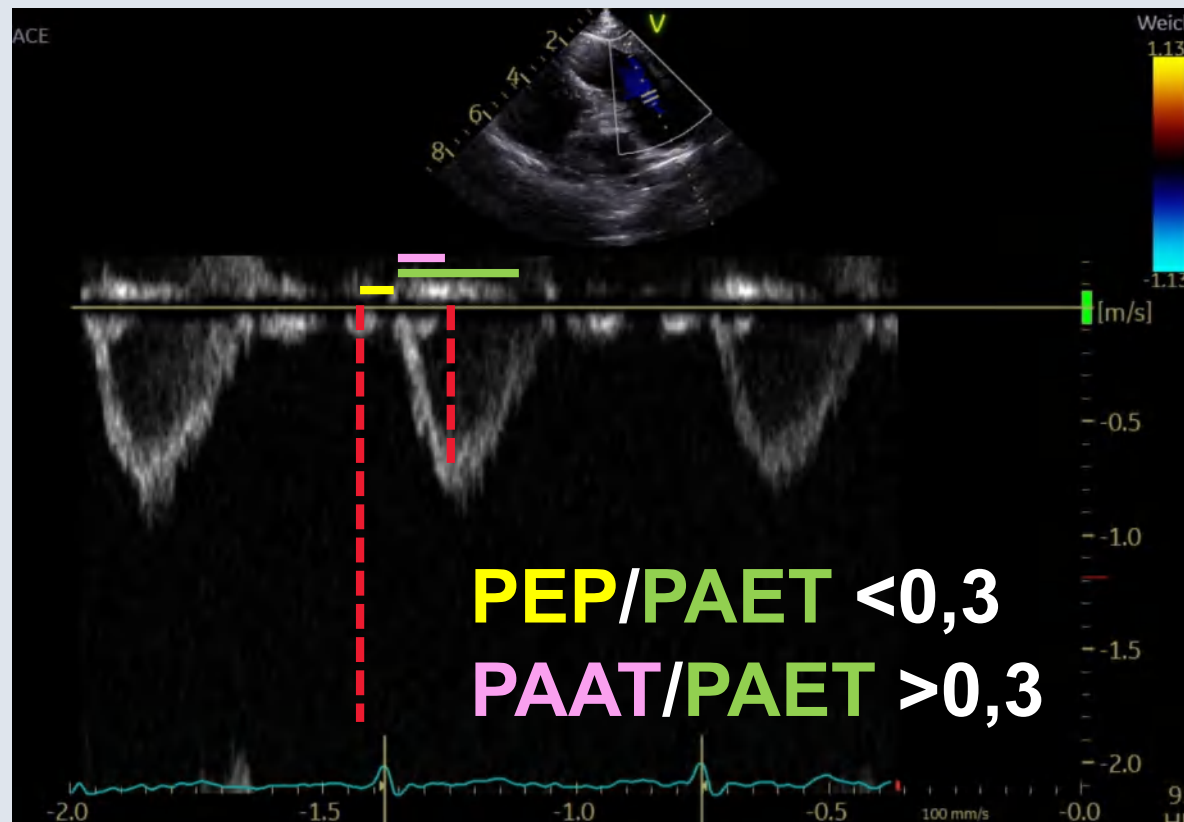


Die hohe systemische Nachlast zeigt sich im aortalen Flussprofil (links) durch einen raschen Anstieg der Flussgeschwindigkeit (spitze Kurve). In der Pulmonalarterie findet sich eine wesentlich rundere Dopplerkurve.

Messung der Präejektionszeit (PEP), der Akzellerationszeit (PAAT) und der Ejektionszeit (PAET):
Verlängerte PEP und verkürzte PAAT weisen auf erhöhten Lungengefäßwiderstand hin.

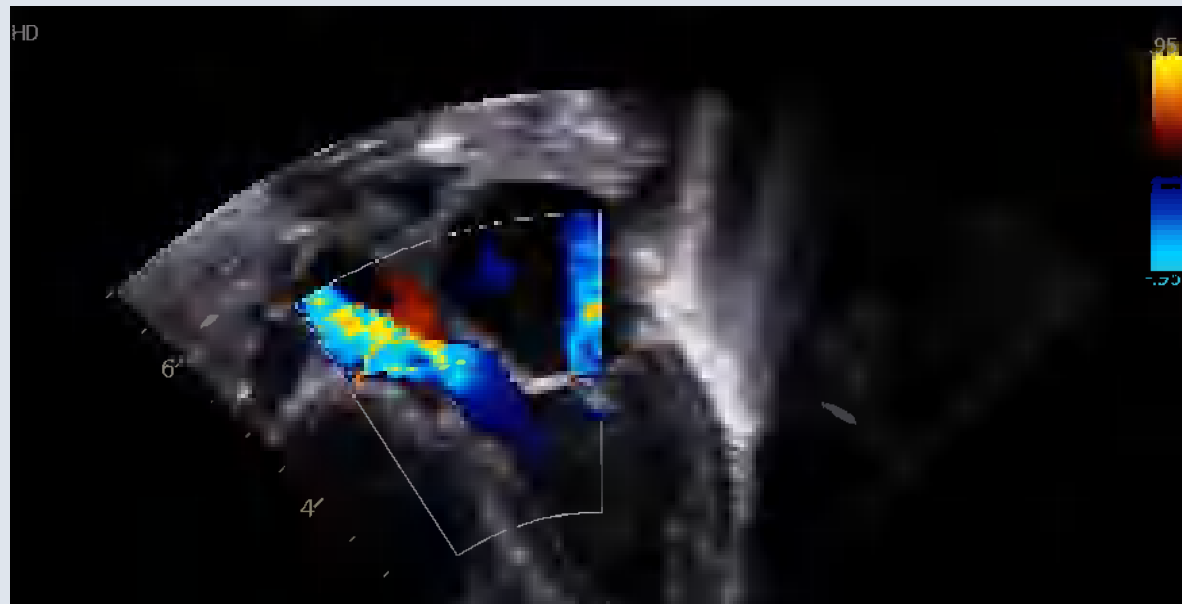
Nachlast

PW-Doppler



Gradienten

Farbdoppler

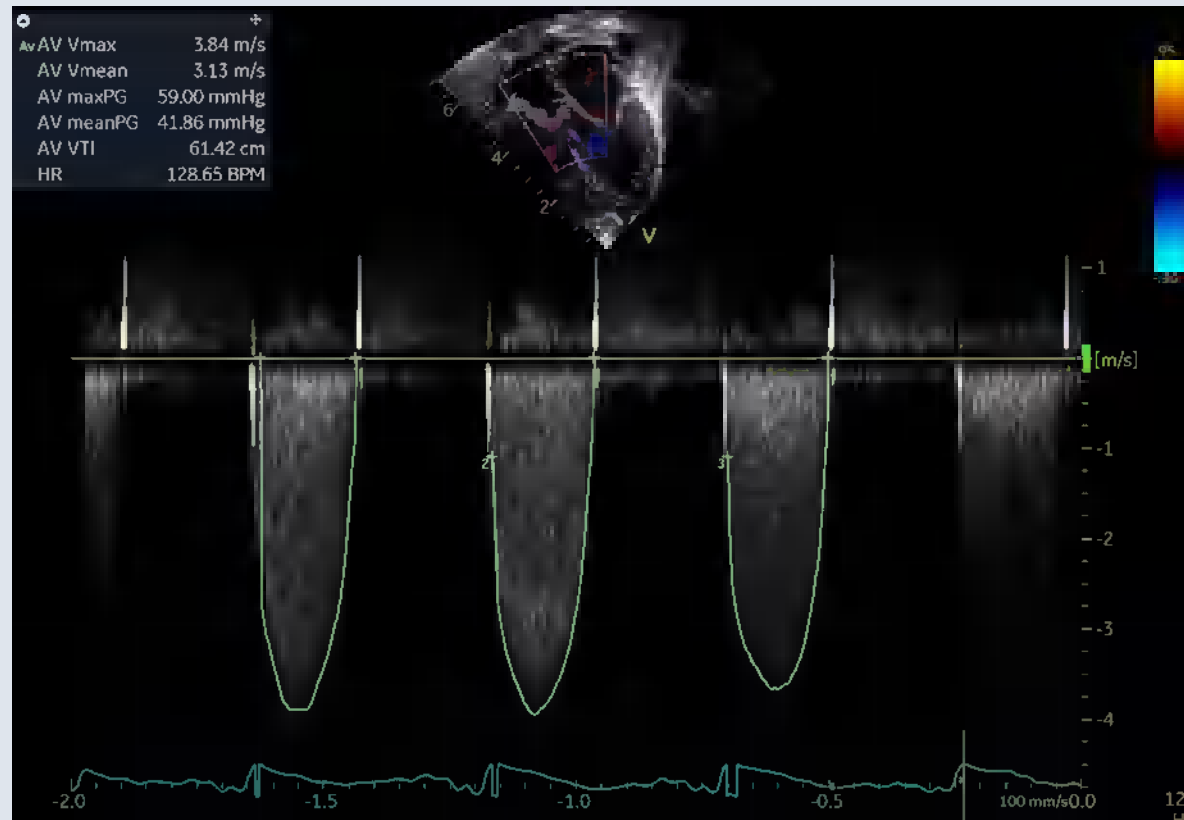


Der Jet an einer stenotischen Klappe ist oft exzentrisch. Die Messung der maximalen Flussgeschwindigkeit (V_{max}) sollte aus einer Schallkopfposition erfolgen, in der der Jet parallel zum Schallstrahl läuft.

Durch Umfahren der Kontur der CW-Doppler-Kurve eines Stenose-Jets können die mittlere Fluss-Geschwindigkeit über die Stenose und damit auch der mittlere Gradient (dP mean) bestimmt werden.

Gradienten

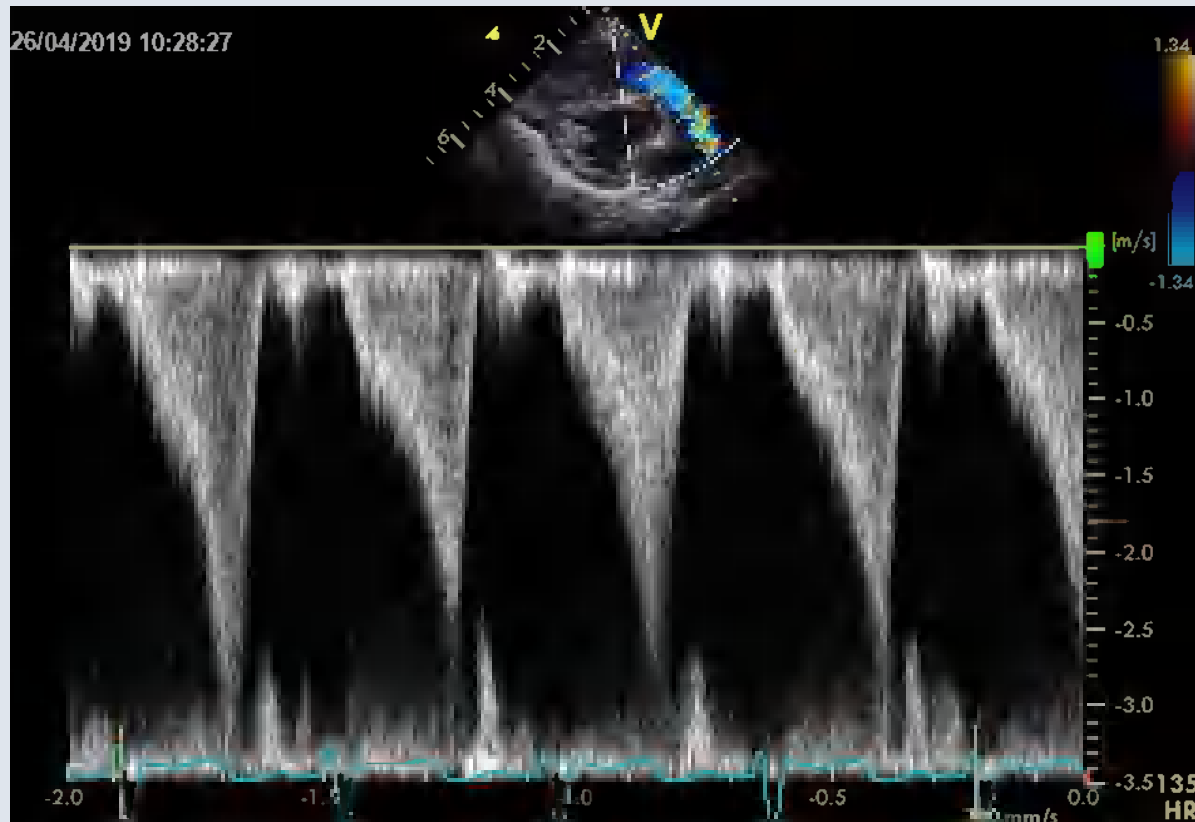
CW-Doppler



Pattern: Sägezahn-Muster im CW-Doppler weisen auf eine dynamische muskuläre Enge hin, z.B. eine Infundibulumstenose beim Fallot oder einen kleinen muskulären VSD.

Gradienten

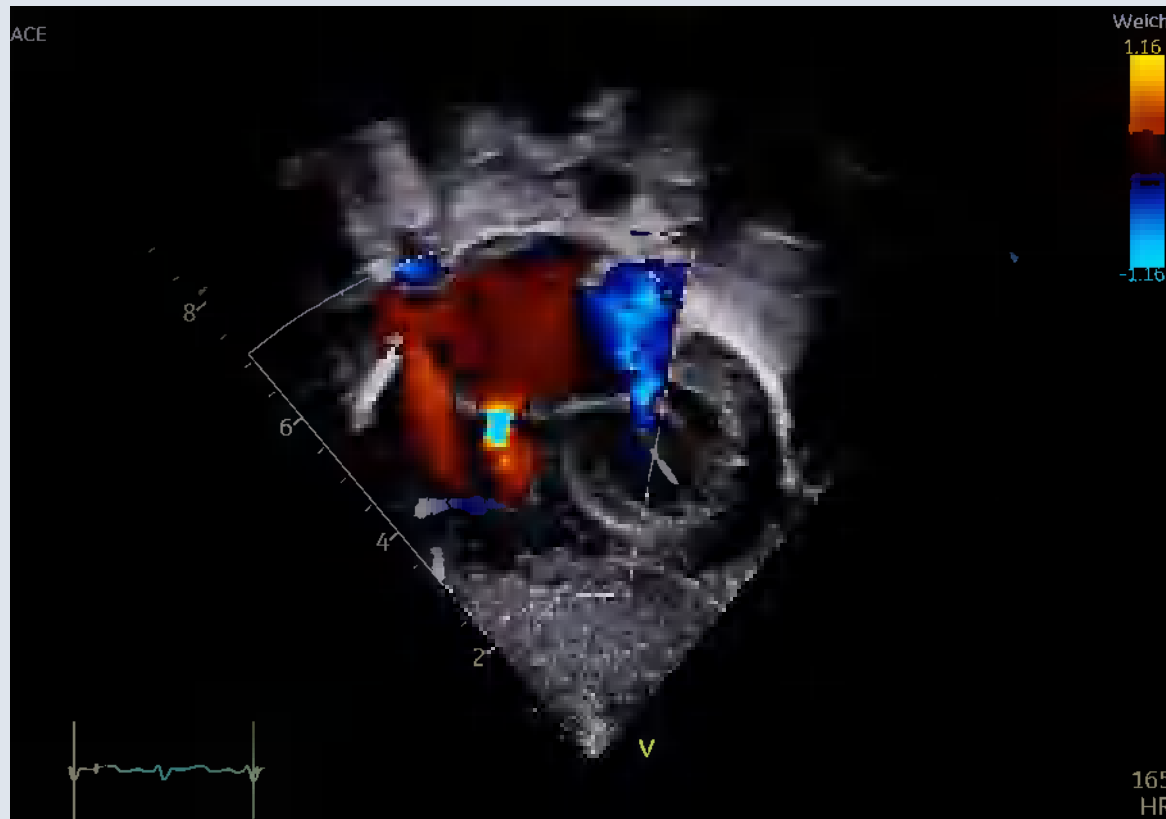
CW-Doppler



Der links-rechts-Shunt über ein PFO kann zum Abschätzen des linksatrialen Druckes genutzt werden.

Gradienten

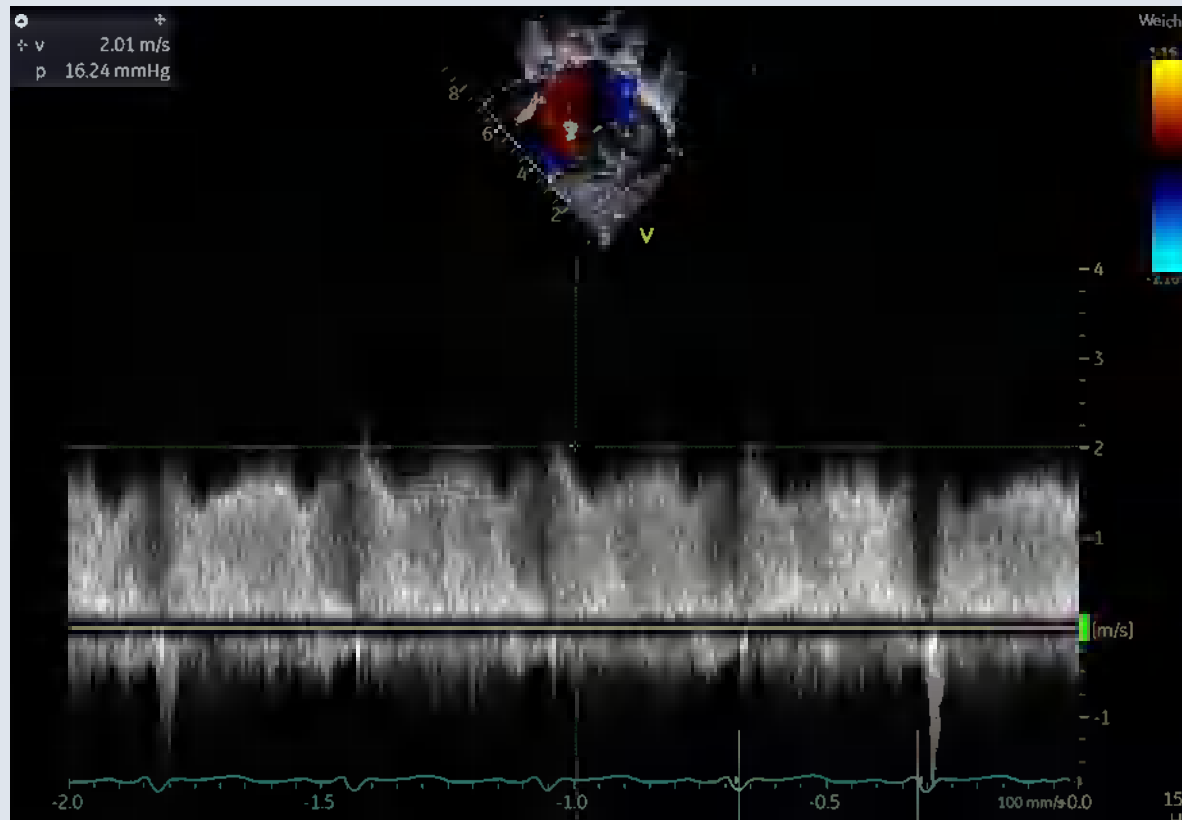
Farbdoppler



Man bestimmt im CW-Doppler den Druckgradienten zwischen rechtem und linkem Vorhof und addiert hierzu den (abgeschätzten) ZVD: Ergebnis ist der linksatriale Druck.

Gradienten

CW-Doppler



Ablauf funktionelle Echokardiographie

B-Mode-Untersuchung

Farbdoppler alle Klappen

PW-Doppler alle Klappen

M-Mode LV

CW-Doppler Trikuspidalklappe