

Ultraljudsavbildning

Teknik

Föreläsning 2

Del 1

Matilda Larsson

matil@kth.se

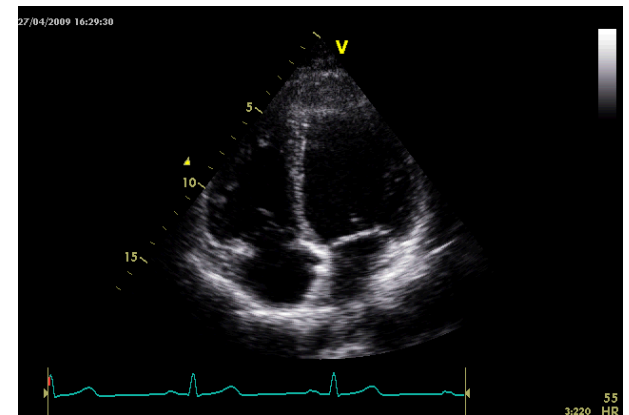
Hur långt kom vi?

Hur skapas en ultraljudsbild?

Sändning – interaktion – detektering – signalbehandling

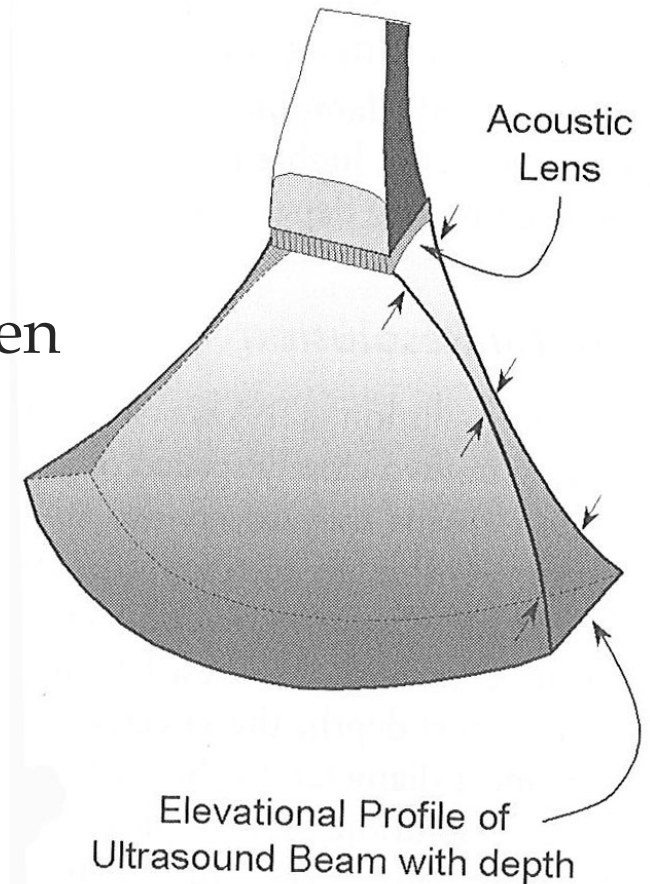
Vad är bildkvalitet och hur kan den förbättras?

- tidsupplösning – spatial upplösning – kontrastupplösning
- + tekniker för att förbättra upplösningen



Elevationsupplösning

- Tjockleken på strålen vinkelrätt mot bildplanet, "slice thickness"
- Kan förbättras genom fokusering
- Traditionellt en fix upplösning med en cylindrisk akustisk lins
- Nyare transducrar även elektronisk fokusering i detta plan



Vad bestämmer temporal upplösning (frame rate)?

- Ljudhastigheten i vävnad
- Antal linjer i bilden
- Bildens djup
- Hur många fokusdjup man har

Maximal frame rate med ett fokusdjup

$$FR_{max} = \frac{1}{13 \cdot 10^{-6} \cdot N \cdot D} \text{ Hz}$$

N, antal linjer i bilden, D bilddjupet i cm, 13μs är tiden det tar för ljudet att gå 1cm fram och tillbaka när c = 1540 m/s

Fråga 1: Vilken bild (A eller B) har bäst **temporal upplösning**?

Bild A

Transducer: linjär
Centerfrekvens: 8 MHz
Antal cykler i pulsen (n): 7
Bilddjup: 4 cm
Bildbredd: 4 cm
Antal strålar i bilden: 200
Antal fokuspunkter: 3

Bild B

Transducer: linjär
Centerfrekvens: 4 MHz
Antal cykler i pulsen (n): 3
Bilddjup: 8 cm
Bildbredd: 2 cm
Antal strålar i bilden: 100
Antal fokuspunkter: 1

1) A

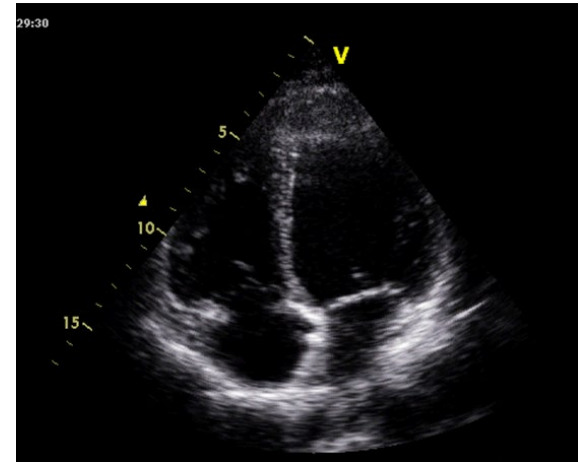
2) B

3) Ingen skillnad

Fråga 2: Vad ser man i ultraljudsbilden?

- vad bestämmer intensiteten i varje pixel?

- 1) Skillnad i attenuering
- 2) Skillnad i kompressibilitet
- 3) Skillnad i ljudhastighet
- 4) Skillnad i spridningsförmåga
- 5) Skillnad i akustisk impedans



Skillnad i attenuering

- Påverkar eftersom ljudvågen avtar i intensitet med ökat avstånd från transducern
- Men skillnad i attenuering åtgärdas delvis med TGC (time-gain-compensation)

Skillnad i kompressibilitet

- Påverkar den akustiska impedansen som i sin tur påverkar reflektionen

Skillnad i ljudhastighet

$$z = \sqrt{\rho k} = \rho c \quad \left(c = \sqrt{\frac{k}{\rho}}\right)$$

- Påverkar den akustiska impedansen som i sin tur påverkar reflektionen

Skillnad i spridningsförmåga

- I ett homogent medium - ingen spridning -> endast ekon vid gränssytor

Skillnad i akustisk impedans

Mycket viktig! Ger upphov till reflektioner vid gränsskikt med skillnad i akustisk impedans

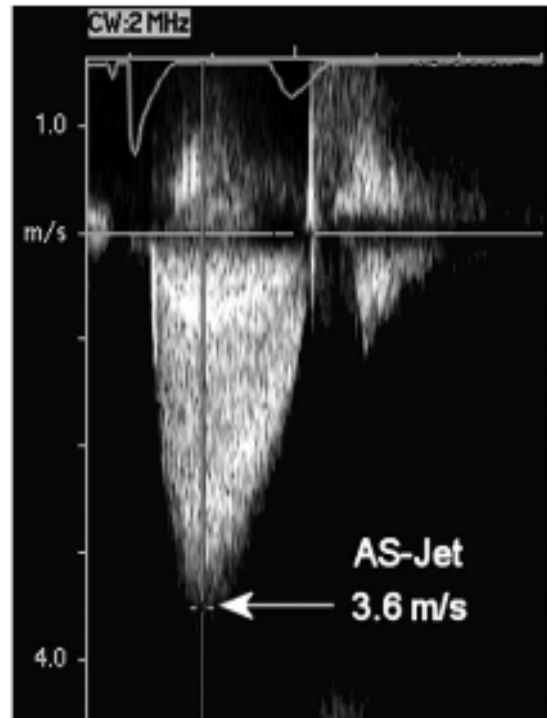
Vad ska vi lära oss idag?

Del 1

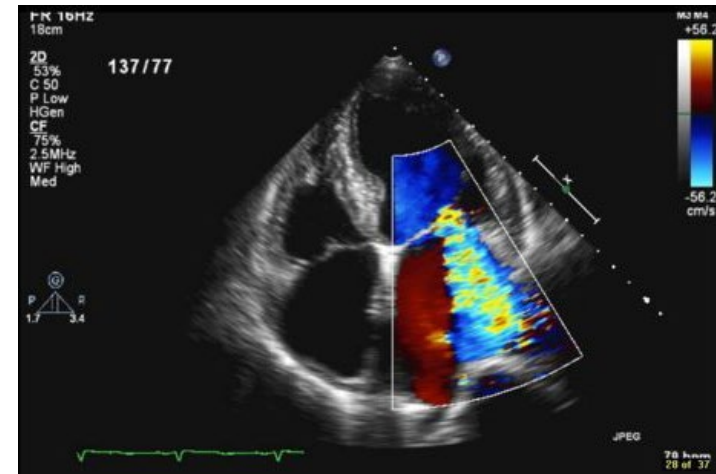
- Rörelse och deformationsmätning med ultraljud
 - Doppler & Speckle Tracking

Varför mäta flödeshastighet?

Aortastenosis

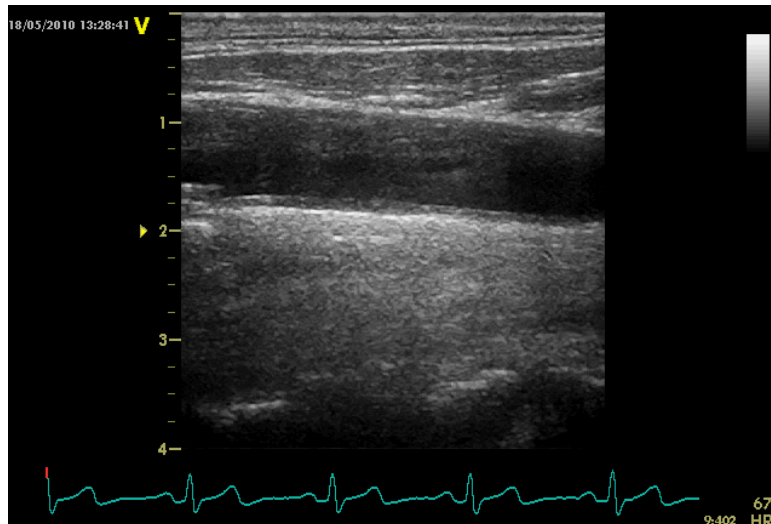
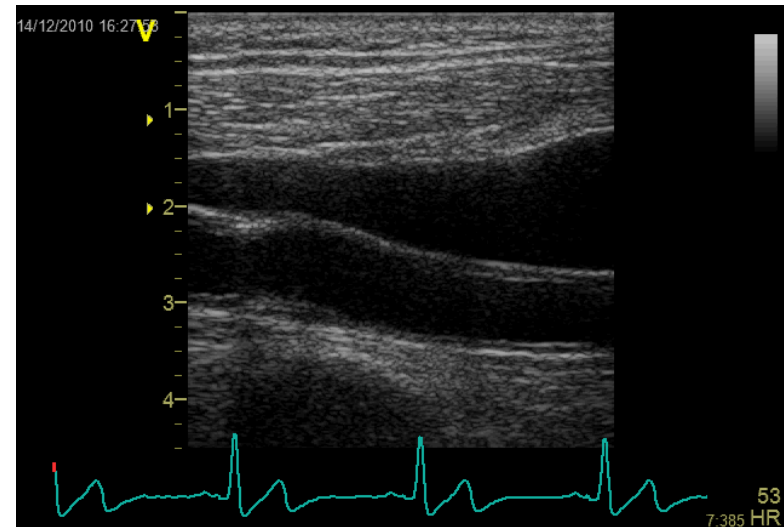
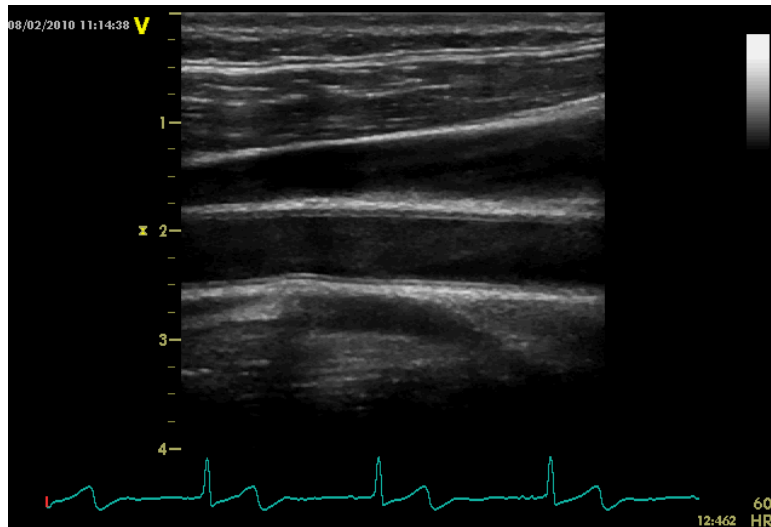


Backflöde över mitralis



- Flödeshastigheter färgkodas

Varför mäta rörelse och deformation?



- Kvantifiera (sätta nummer på) funktion istället för att subjektivt bedöma
- ➡ Eliminera subjektivitet i den kliniska bedömningen

Rörelse & Deformationsanalys med Ultraljud



Vad?

Blod
Vävnad



Hur?

Doppler
Speckle Tracking

Rörelse & Deformation

DISPLACEMENT - förflyttning (m)



VELOCITY – hastighet (m/s)

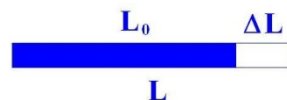


STRAIN – deformation (%)



2

neg strain = förkortning
pos strain = förlängning



$$\epsilon = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Strain

STRAIN RATE – deformationshastighet (1/s)

- A och B deformeras 25% men med olika hastigheter



A



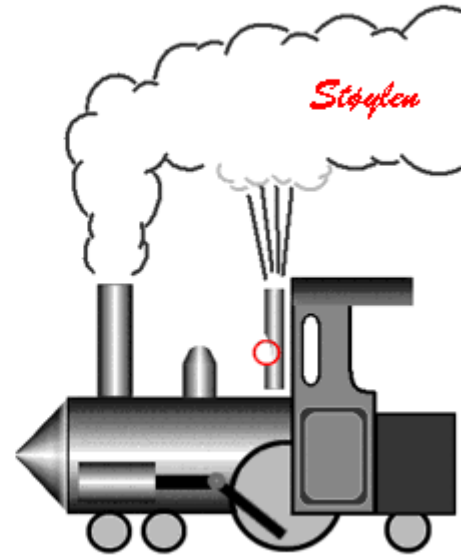
B



Dopplereffekt

Källa

Observatör



Observatör



Mot observatör → Ökad frekvens
Bort från observatör → Minskad frekvens

Doppler

- Observatör () = Transducer

- Källa (lok) = Blod och vävnad

Den mäter vi

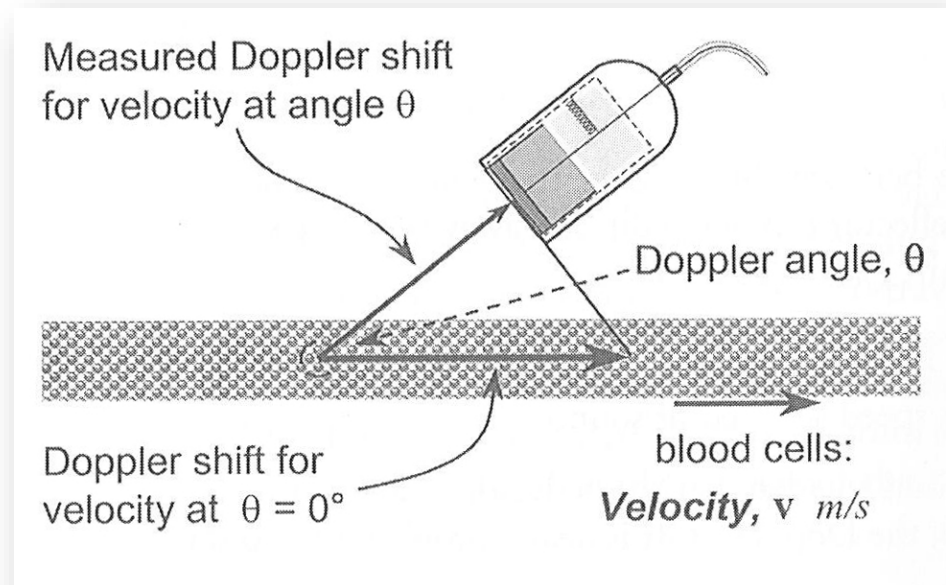
$$f_d = \frac{2f_t v \cos \theta}{c}$$

f_t = transmitted frequency

f_d = Doppler frequency

(frequency difference between transmitted and received signal)

c = sound velocity



Doppler

Dopplerfrekvens

KHz (jmf utsänd frekvens MHz)

=



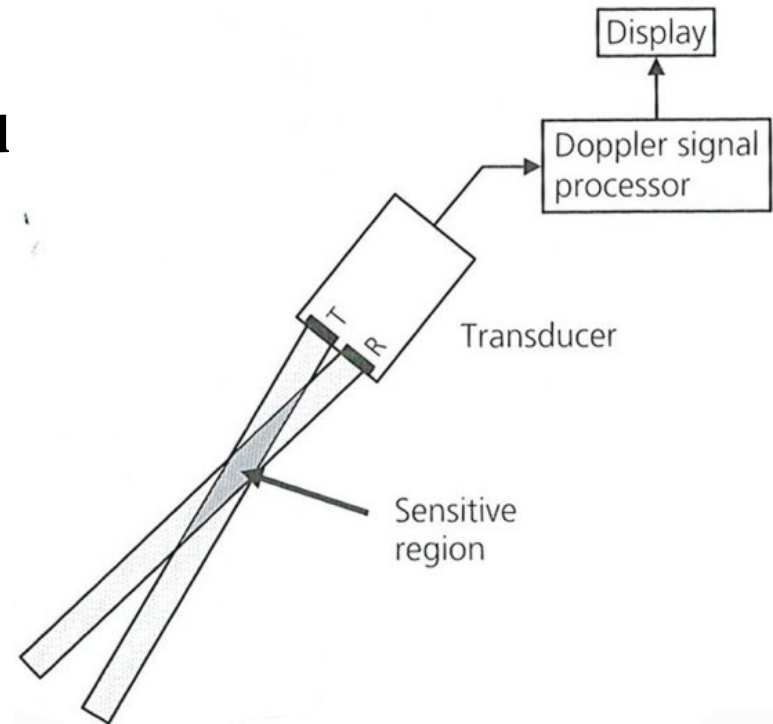
Dopplertekniken är **vinkelberoende**,
dvs beroende på infallsvinkeln (θ).

Vad händer när $\theta = 90^\circ$?

$$f_d = \frac{2f_t v \cos \theta}{c}$$

Kontinuerlig Doppler

→ Sänder och lyssnar kontinuerligt med två olika kristaller samtidigt (T, transmit & R, receive)



Fördel: Kan mäta höga hastigheter

Nackdel: Kan inte avgöra på vilket djup objekten som rör sig befinner sig på utan mäter alla hastigheter som finns längs hela strålen (inom sensitive region)

Kontinuerlig Doppler

a) Transmitterad signal

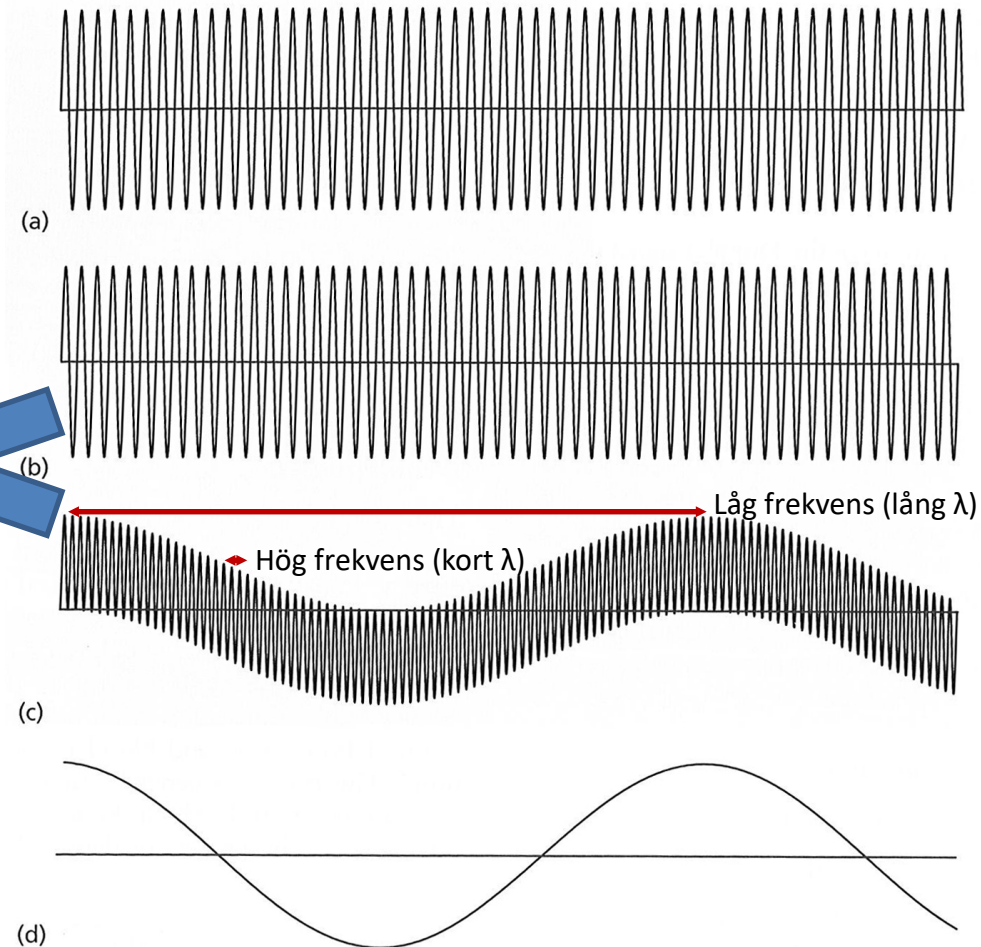
b) Detekterad signal

$$\sin x \times \sin y = \frac{1}{2} \cos(x - y)$$

c) Transmitterad $\times$ Detekterad signal

Lågpasfilter

d) Dopplersignal

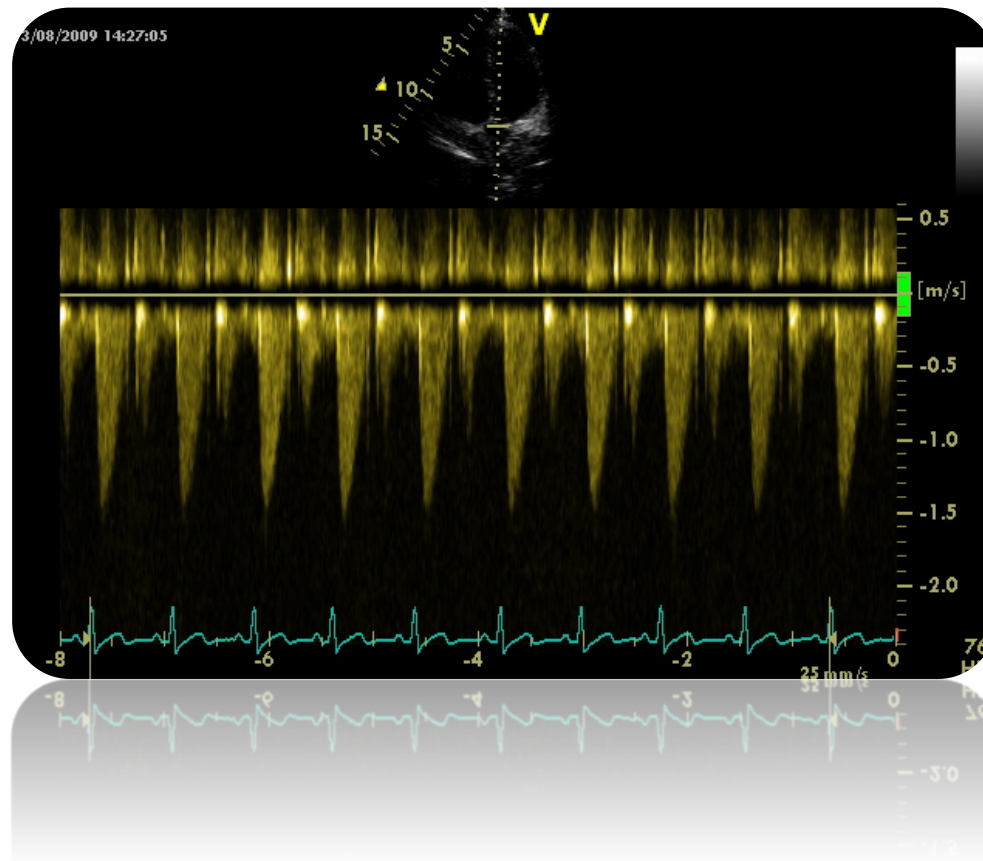


Kontinuerlig Doppler

Spectrogram / Sonogram

Hastigheter som funktion av tid

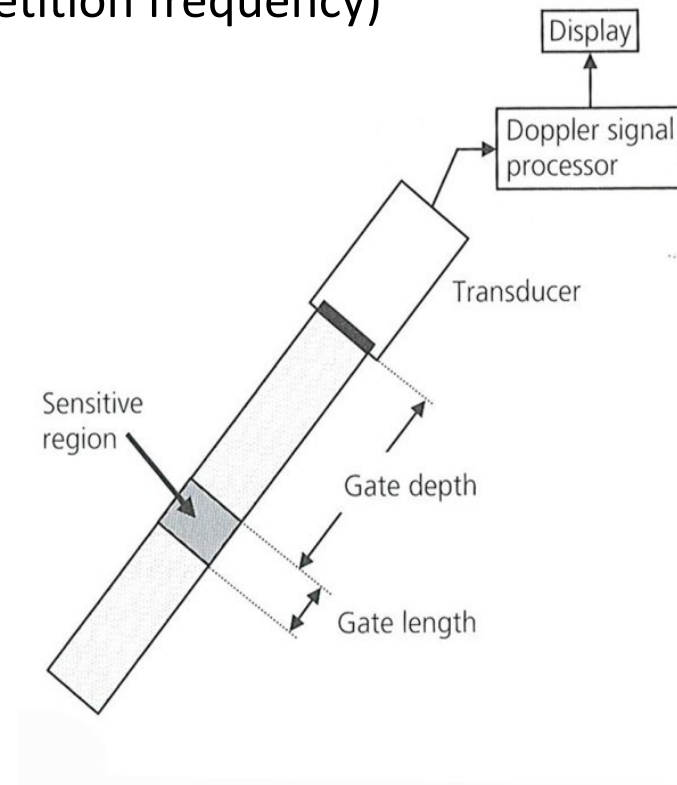
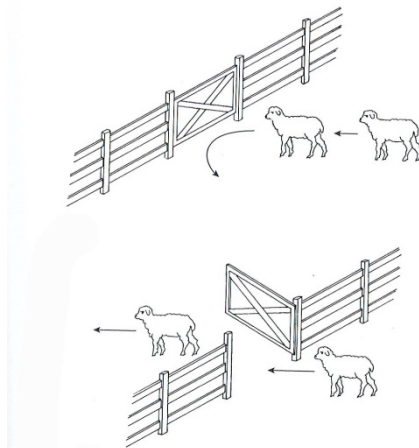
Fördelning av detekterade frekvenser



Pulsad Doppler

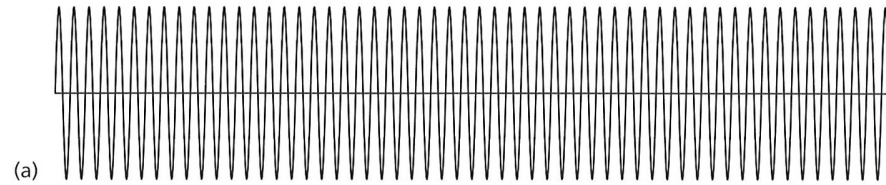
- Sänder pulssade signaler med viss PRF (Pulse repetition frequency)
- Kan mäta på specifikt djup - "range gate"

Range gate – kort tidsintervall som man lyssnar på signalen .

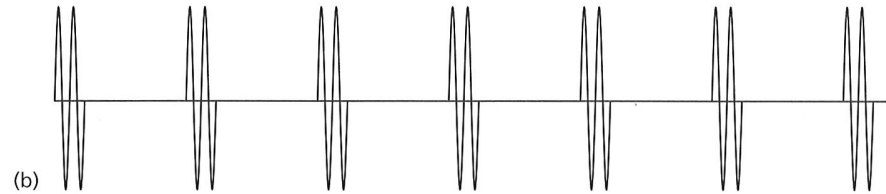


Pulsad Doppler

a) Referenssignal

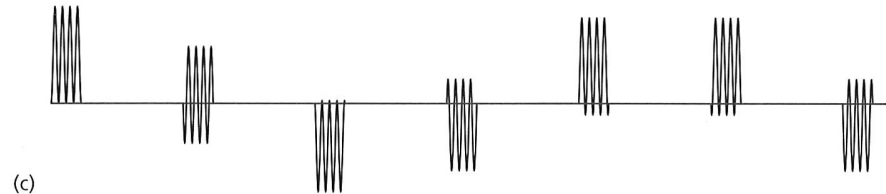


b) Detekterad signal

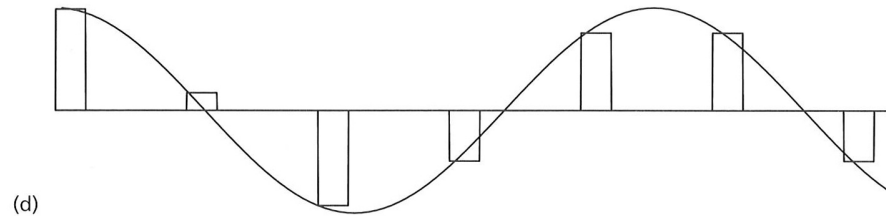


$$\sin x \times \sin y = \frac{1}{2} (\cos(x - y) - \cos(x + y))$$

c) Referenssignal $\times$ Detekterad signal



d) Dopplersignal



Nackdel: Tidskrävande om man vill mäta vid flera djup!

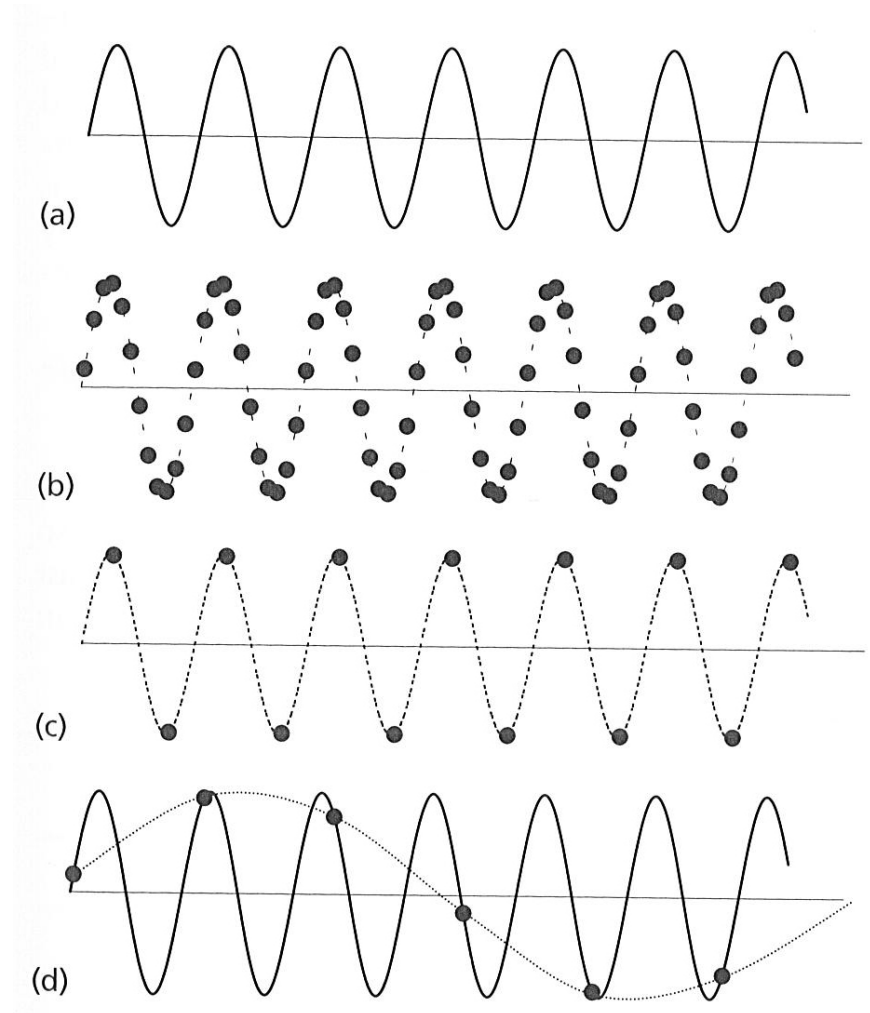
Därför vanligt att man mäter fasskiften istället för frekvensskiften!

Aliasing (vikningsdistortion)

•**Problem:** kan inte mäta högre frekvenser f än hälften av samplingsfrekvensen **PRF**.

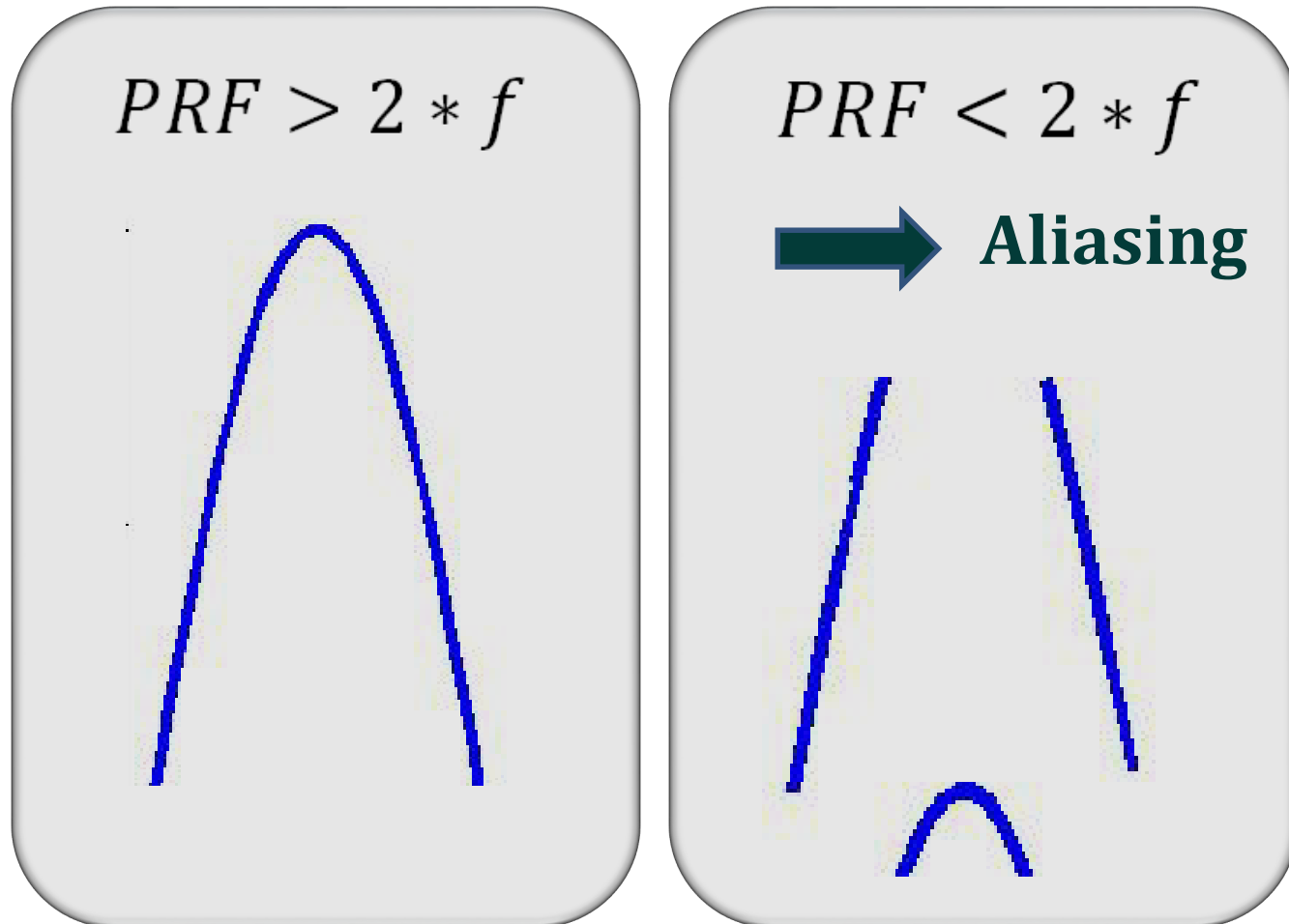
Nykvistkriteriet

$$PRF > 2 * f$$

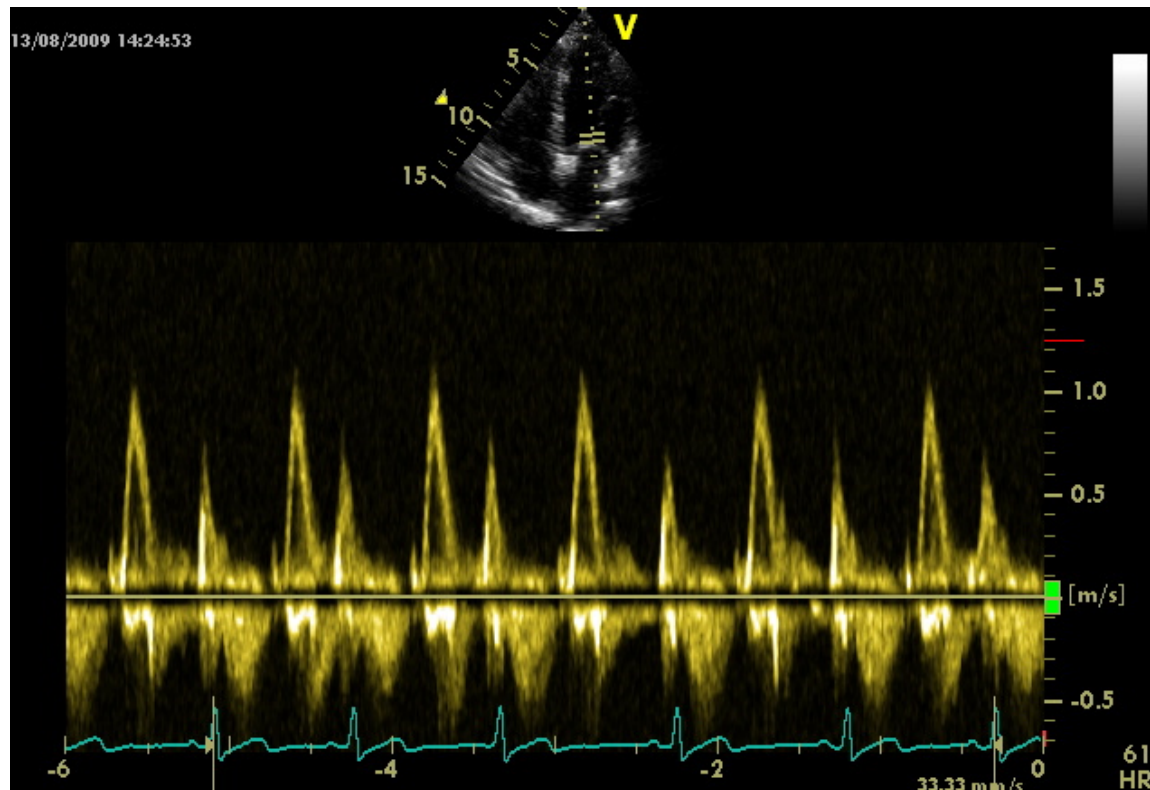


Aliasing (vikningsdistortion)

- Vikning av hastighetssignalen



Pulsad Doppler



Fråga 3

Vad händer med Dopplerskiftet när frekvensen på det utsända ultraljudet ökar:

1. Det ökar

2. Det minskar

3. Det förblir oförändrat

$$f_d = \frac{2f_t v \cos \theta}{c}$$

- än så länge tekniker som bara mäter längs **en** linje

Dopplertekniker i 2D?

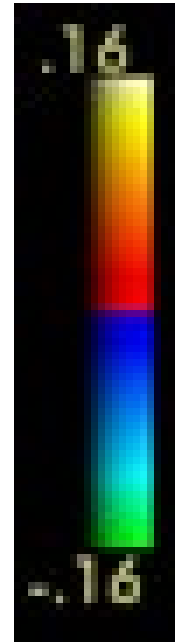
Ja, längs många linjer men fortfarande bara rörelse/deformation i en riktning (längs linjerna)

Color Doppler

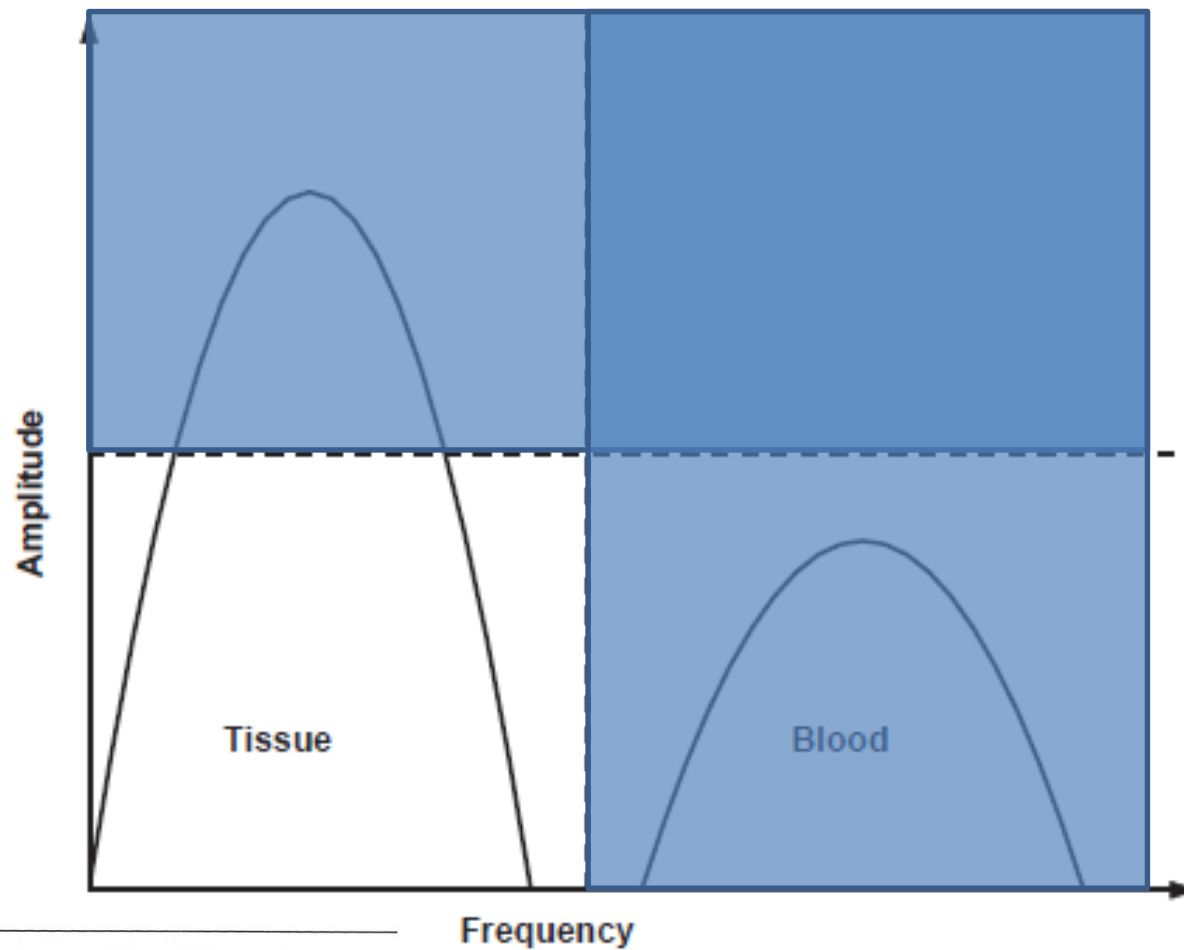
Färgkodning av hastigheterna

- Hastigheter mot transducern - **röda**
- Hastigheter bort från transducern - **blåa**

	Velocity range	Signal intensity
Blood	$0-600 \text{ cm s}^{-1}$	Low
Tissue	$0-10 \text{ cm s}^{-1}$	40 dB higher than blood

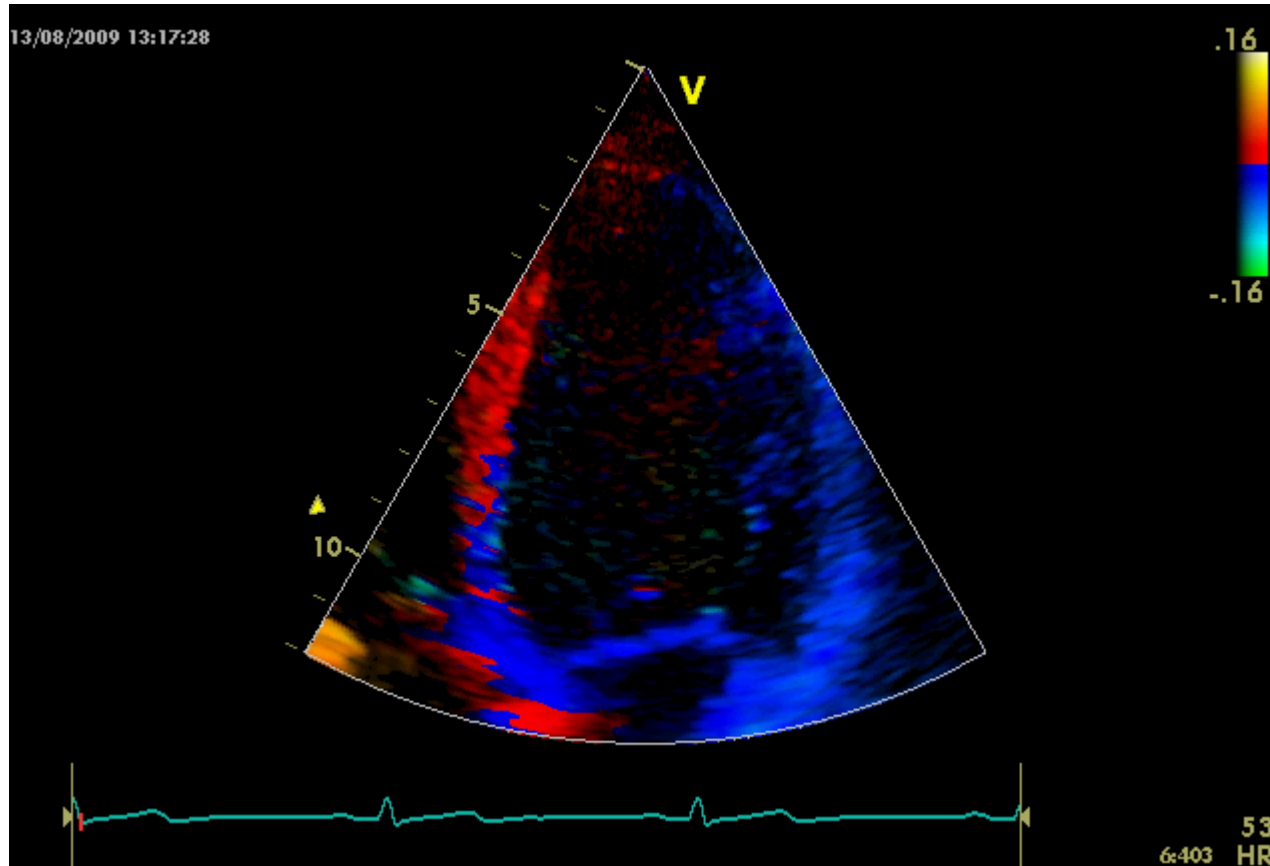


Filter – blod eller vävnad?

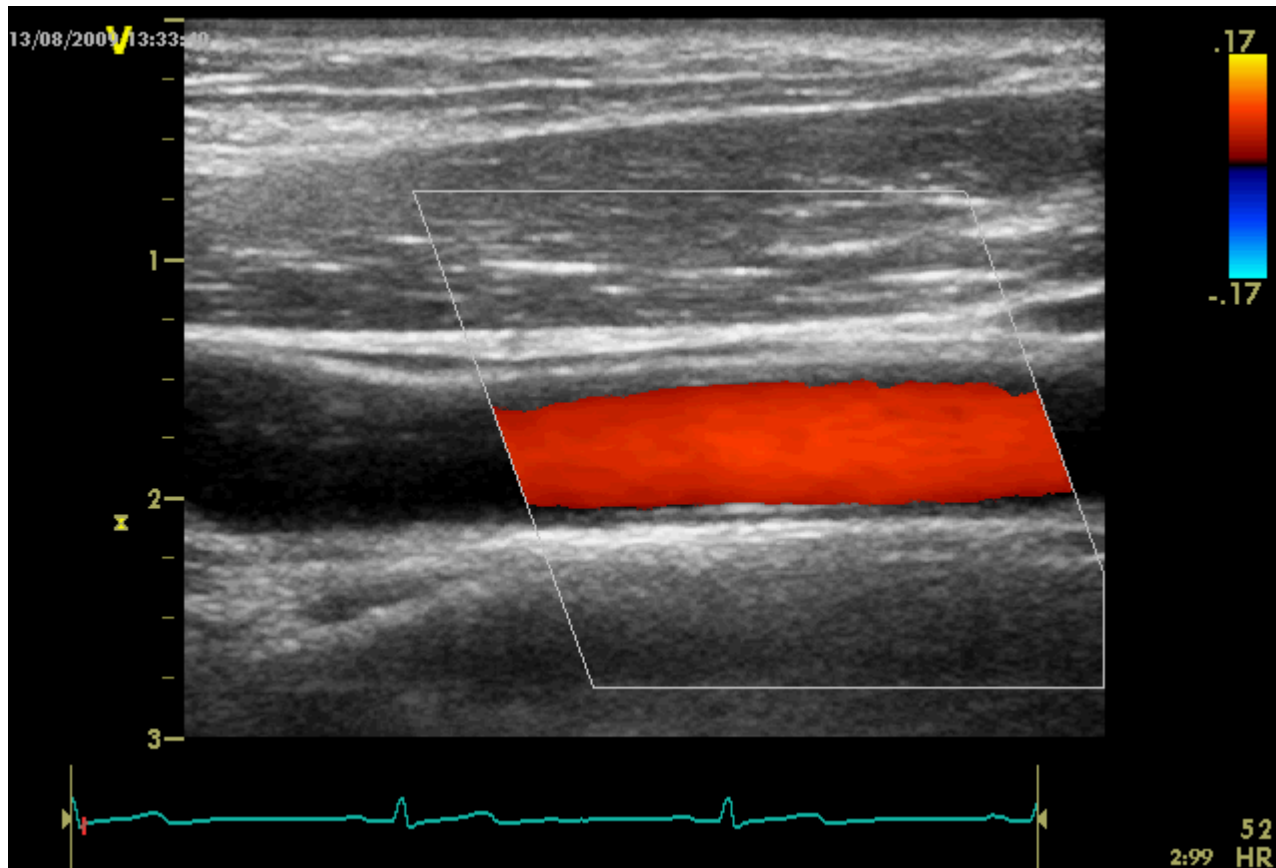


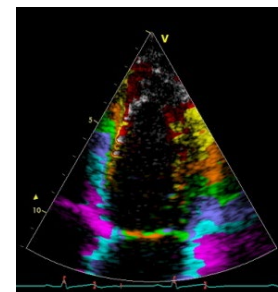
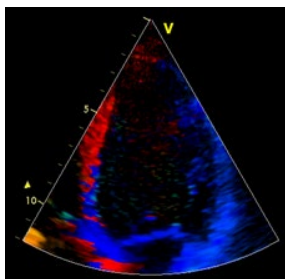
	Velocity range	Signal intensity
Blood	$0-600 \text{ cm s}^{-1}$	Low
Tissue	$0-10 \text{ cm s}^{-1}$	40 dB higher than blood

Vävnadsdoppler



Flödesdoppler





Velocity

Temporal integration



Displacement

Spatial derivation



Strain rate

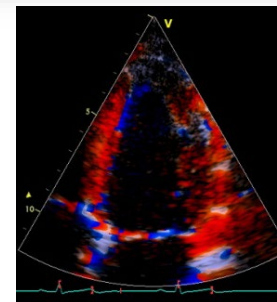
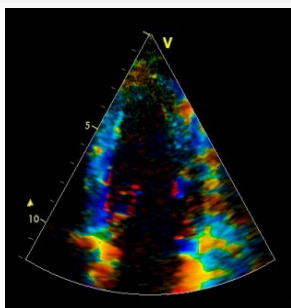
Spatial derivation



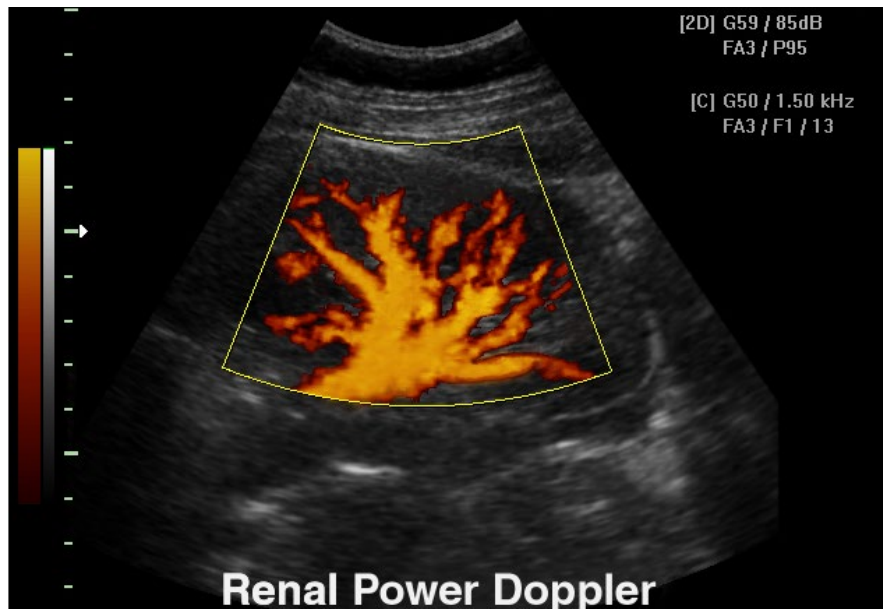
Temporal integration



Strain



Power Doppler



- Färgskalan motsvarar Dopplersignalens amplitud, dvs. antal röda blodkroppar i volymen
- Urskilja mängd flöde i olika områden