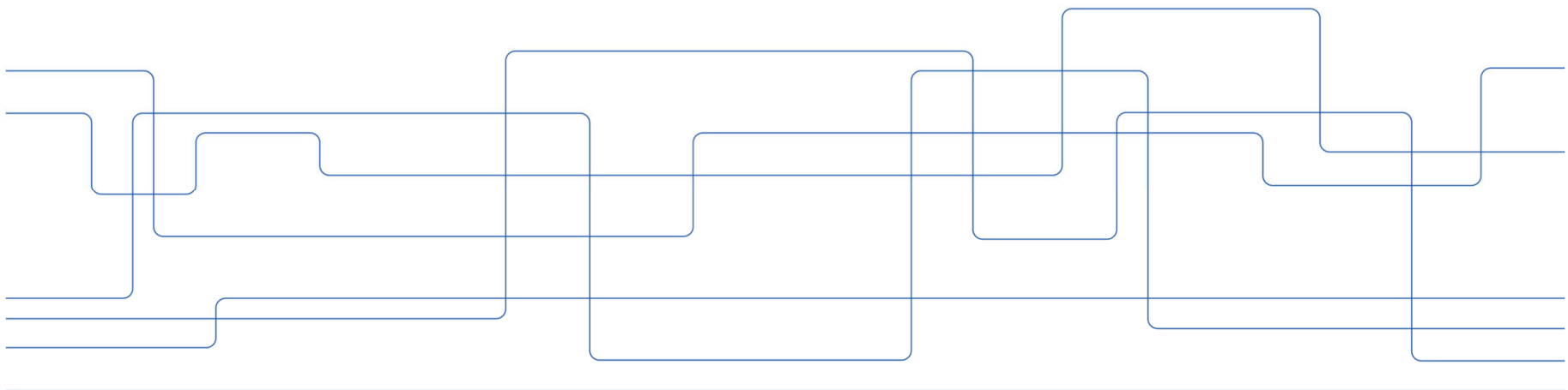




Ultraljudsavbildning – Teknik 2a

Matilda Larsson - matil@kth.se





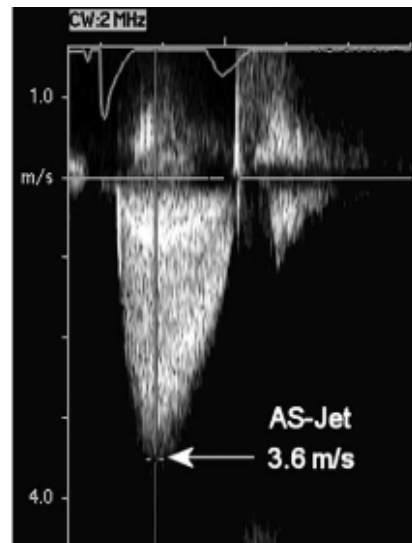
Vad ska vi lära oss idag?

- Rörelse och deformationsmätning med ultraljud
 - Doppler & Speckle Tracking

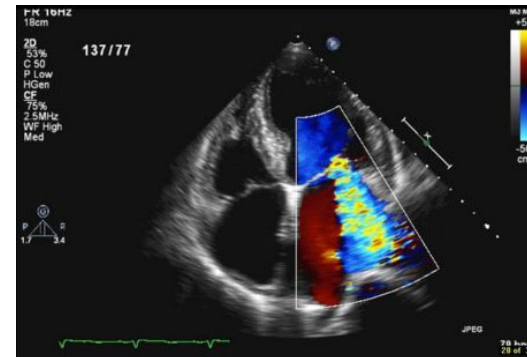


Varför mäta flödeshastighet?

Aortastenos

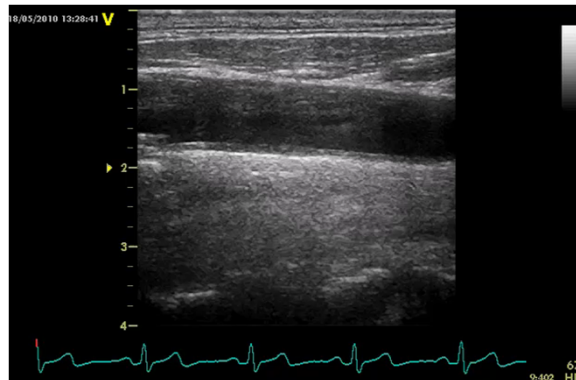
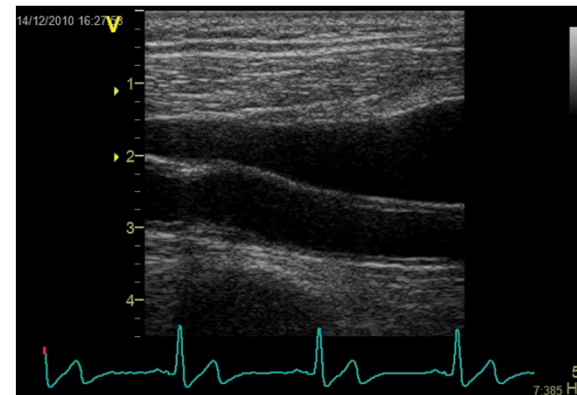
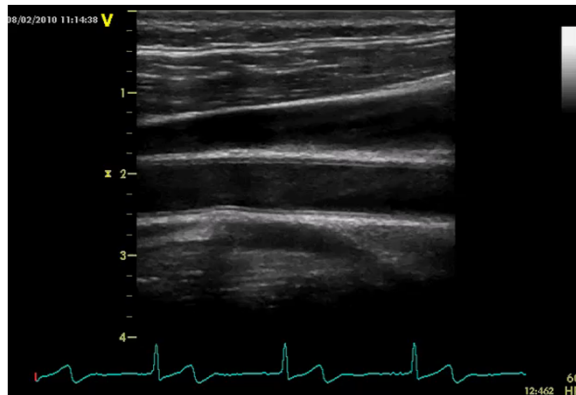


Backflöde över mitralis



- 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

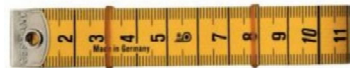
Hur?

Doppler
Speckle Tracking



Rörelse & Deformation

DISPLACEMENT - förflyttning (m)



VELOCITY – hastighet (m/s)



STRAIN – deformation (%)



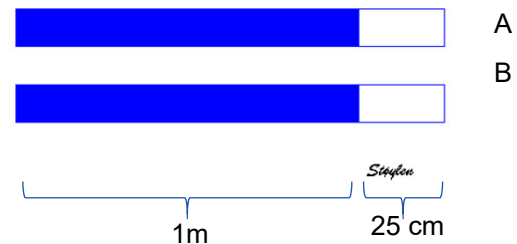
neg strain = förkortning
pos strain = förlängning

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

Strain

STRAIN RATE – deformationshastighet (1/s)

- A och B deformeras 25% men med olika hastigheter

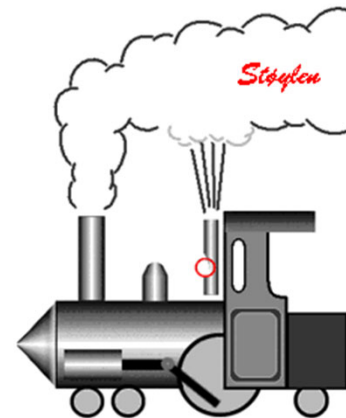




Dopplereffekt

Källa

Observatör



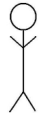
Observatör



Mot observatör → Ökad frekvens
Bort från observatör → Minskad frekvens



Doppler

- Observatör () = Transducer
- Källa (lok) = Blod och vävnad

Den mäter vi

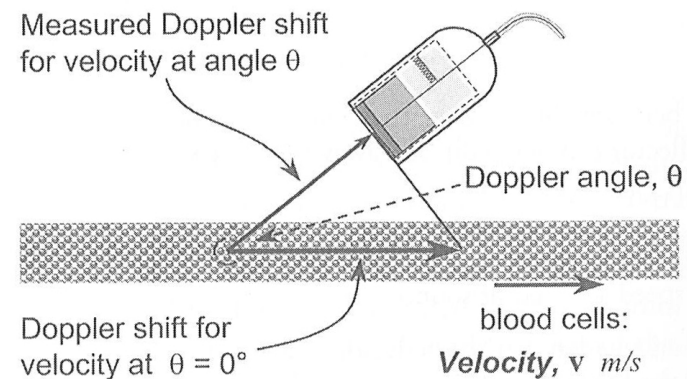
$$f_d = \frac{2f_t v \cos \theta}{c}$$

f_t = transmitted frequency

f_d = Doppler frequency

(frequency difference between transmitted and received signal)

c = sound velocity





Doppler

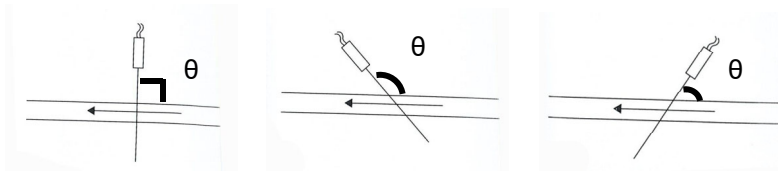
Dopplerfrekvens

kHz (jmf transmitterad frekvens MHz)

=



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



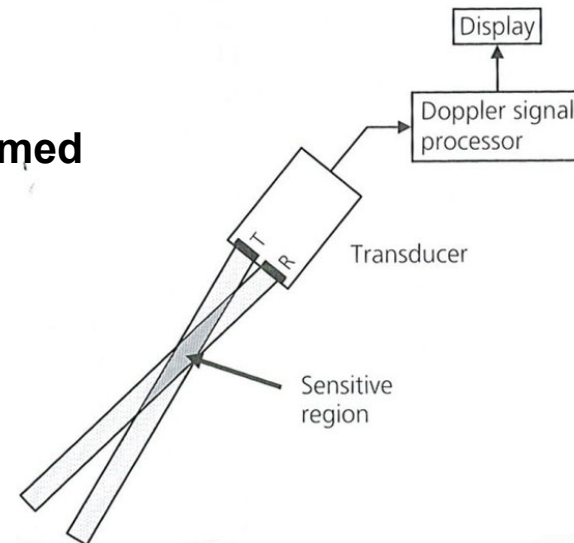
Vad händer när $\theta = 90^\circ$?

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



Kontinuerlig Doppler

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



Fördel: Kan mäta höga hastigheter

Nackdel: Kan inte mäta på specifikt djup
- mäter alla hastigheter som finns inom sensitive region



Kontinuerlig Doppler

a) Transmitterad signal

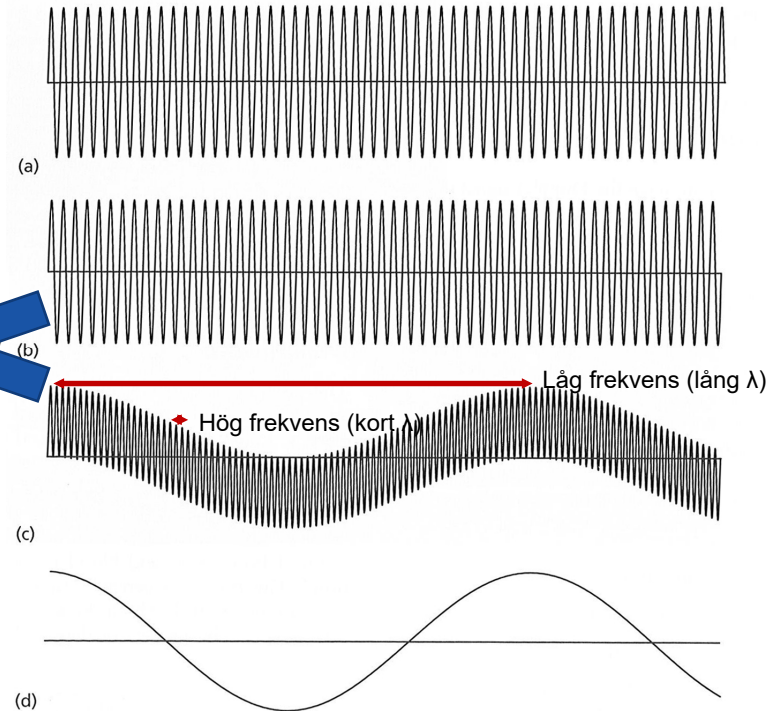
b) Detekterad signal

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

c) Transmitterad $\times$ Detekterad signal

Lågpasfilter

d) Dopplersignal

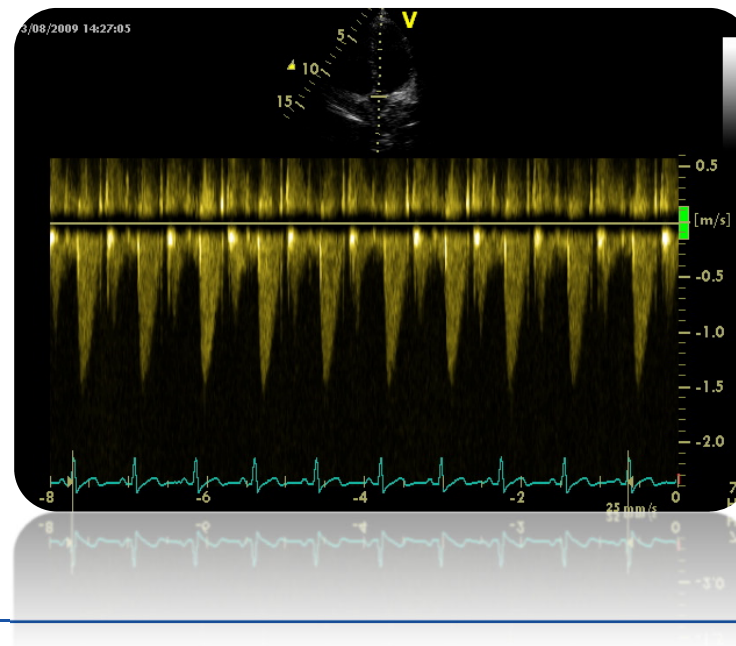




Kontinuerlig Doppler

Spectrogram / Sonogram

Hastigheter som funktion av tid
Fördelning av detekterade frekvenser

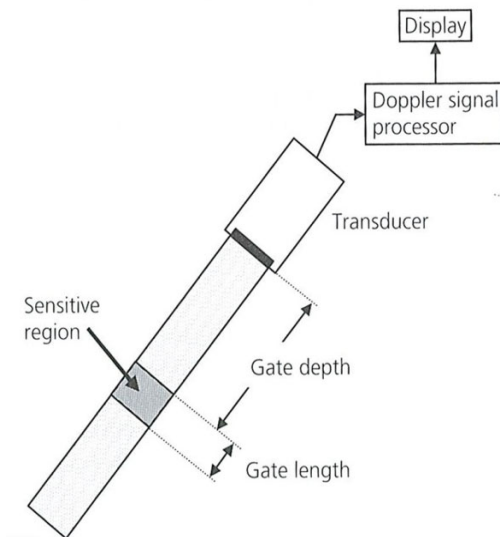
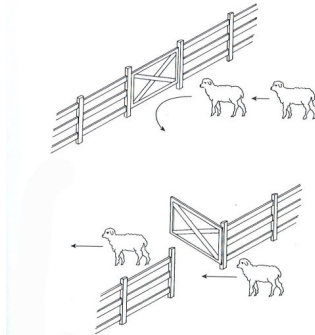




Pulsad Doppler

- Sänder pulsade 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

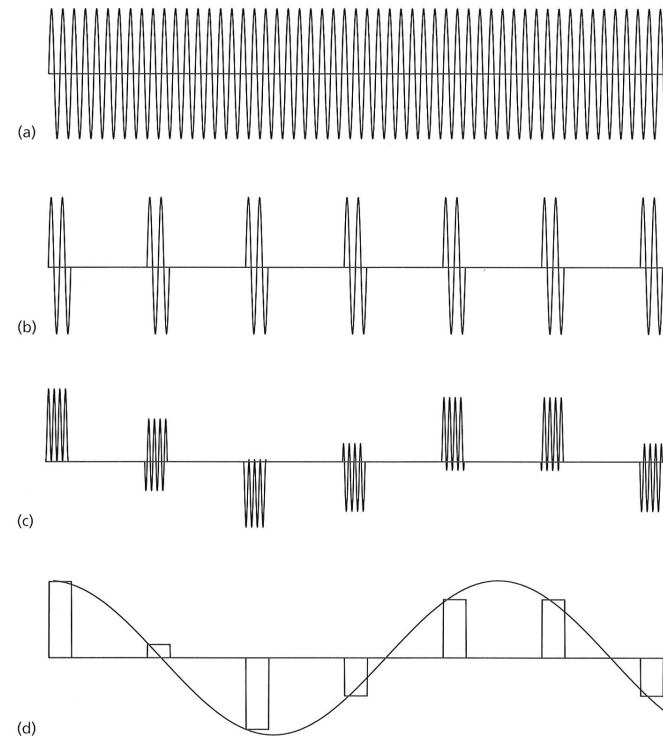
b) Detekterad signal

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

c) Referenssignal $\times$ Detekterad signal

Lågpasfilter

d) Dopplersignal



Fördel: Kan mäta på specifik djup

Nackdelar: Tidskrävande - vanligt med fasskift istället för frekvensskift + Begränsad av aliasing

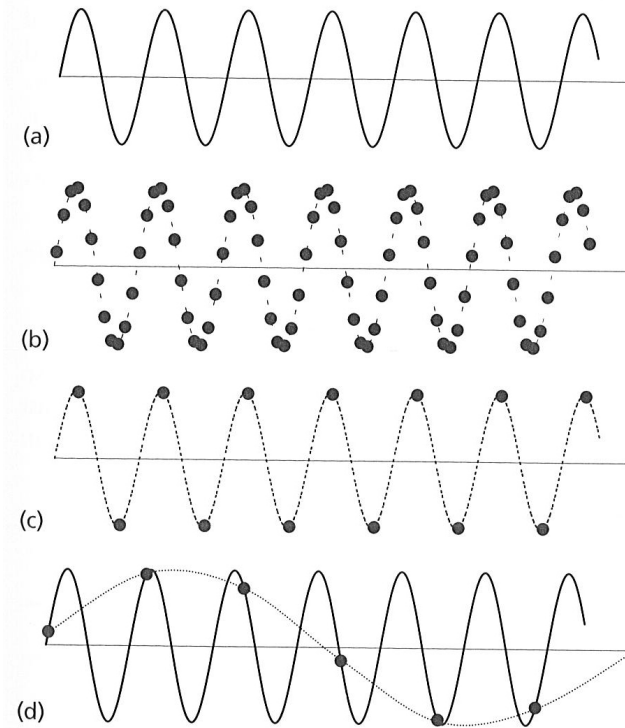


Aliasing (vikningsdistortion)

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

Nykvistkriteriet

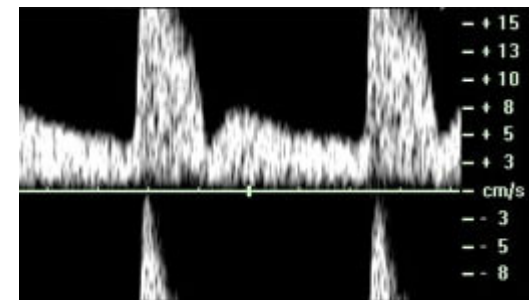
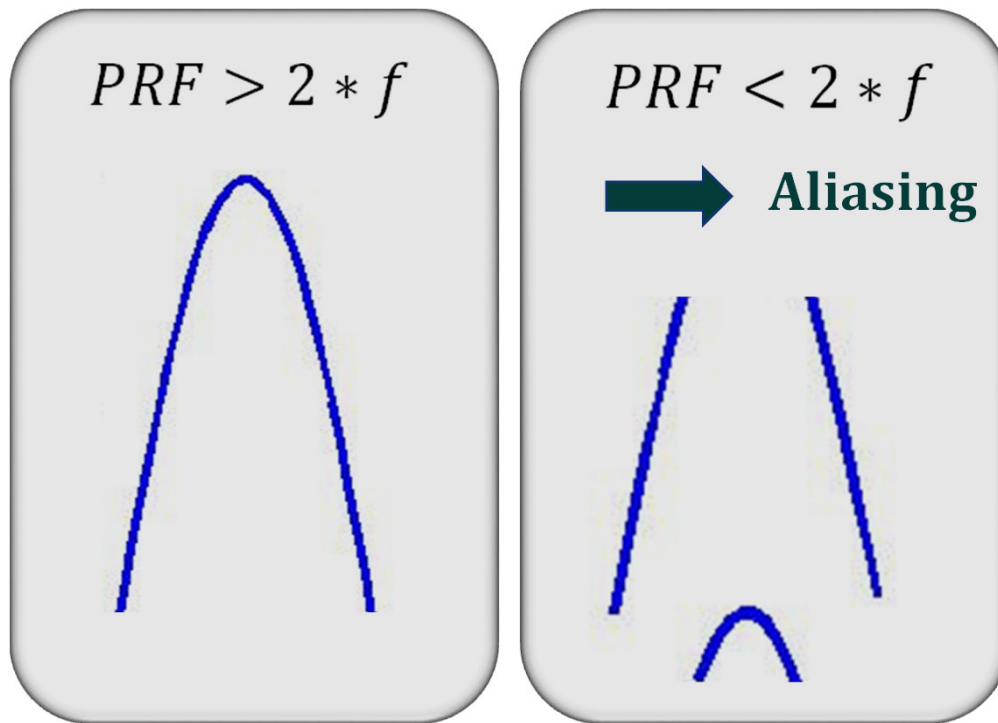
$$PRF > 2 * f$$





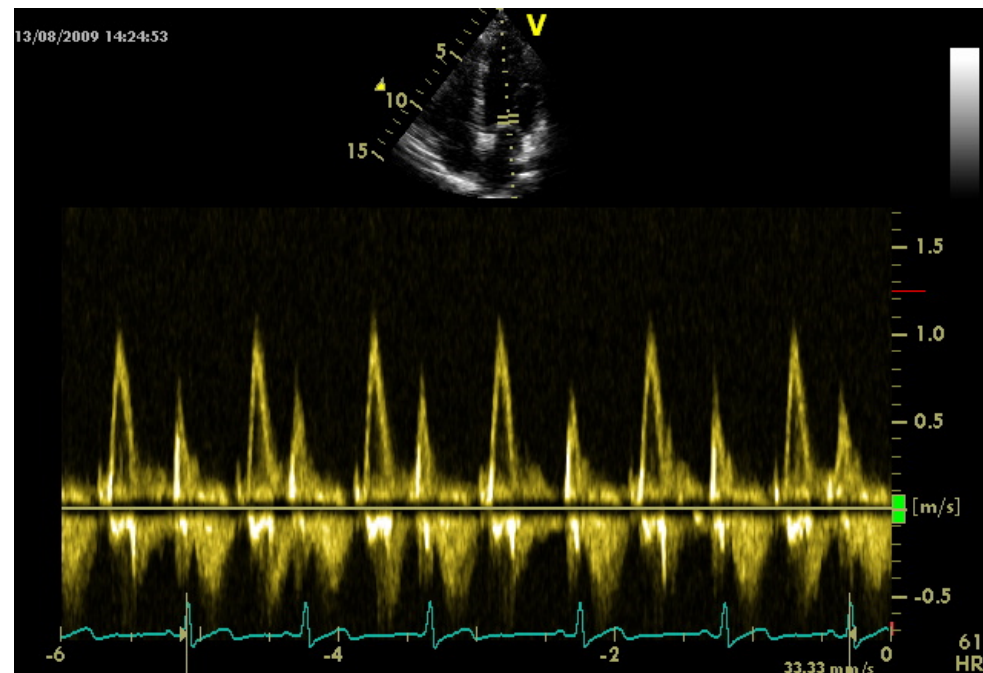
Aliasing (vikningsdistortion)

- Vikning av hastighetssignalen





Pulsad Doppler





- 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)

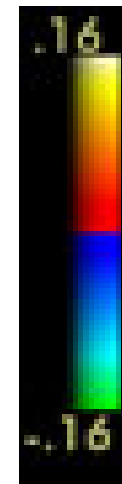


Color Doppler

Färgkodning av hastigheterna

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

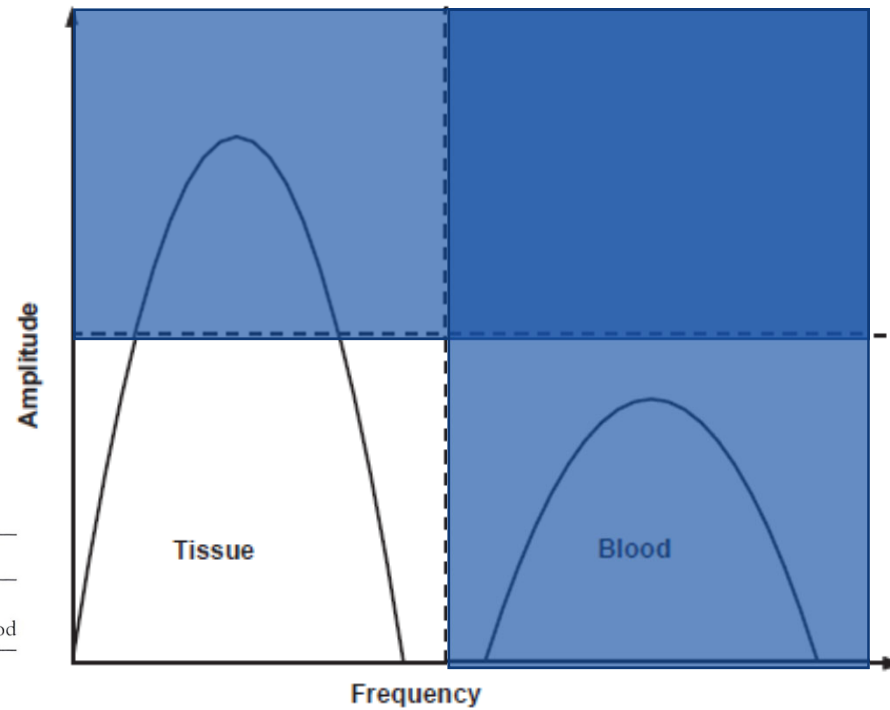
	Velocity range	Signal intensity
Blood	$0-600 \text{ cm s}^{-1}$	Low
Tissue	$0-10 \text{ cm s}^{-1}$	40 dB higher than blood





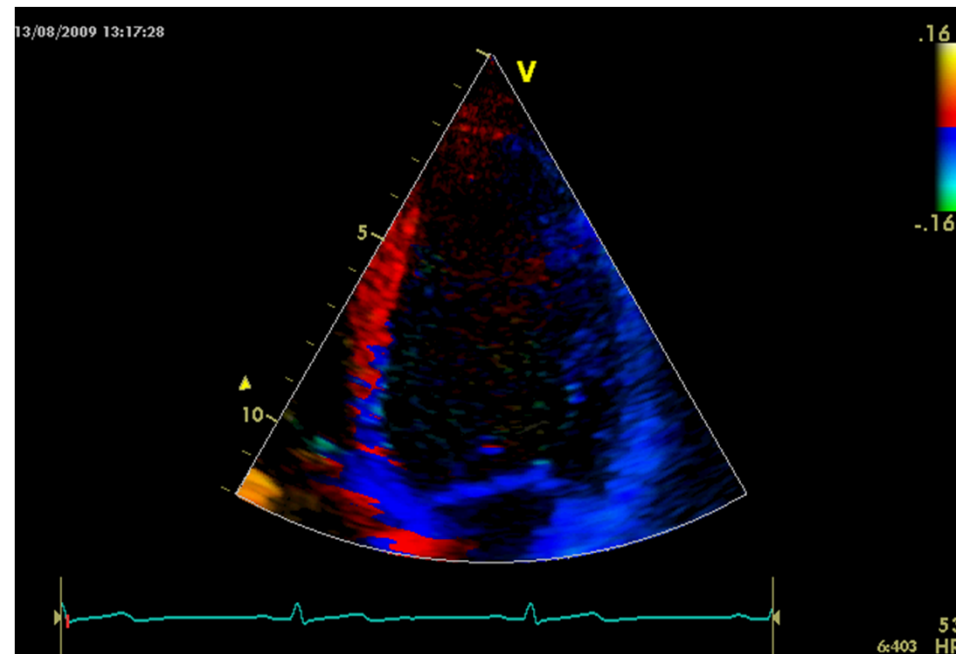
Filter – blod eller vävnad?

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



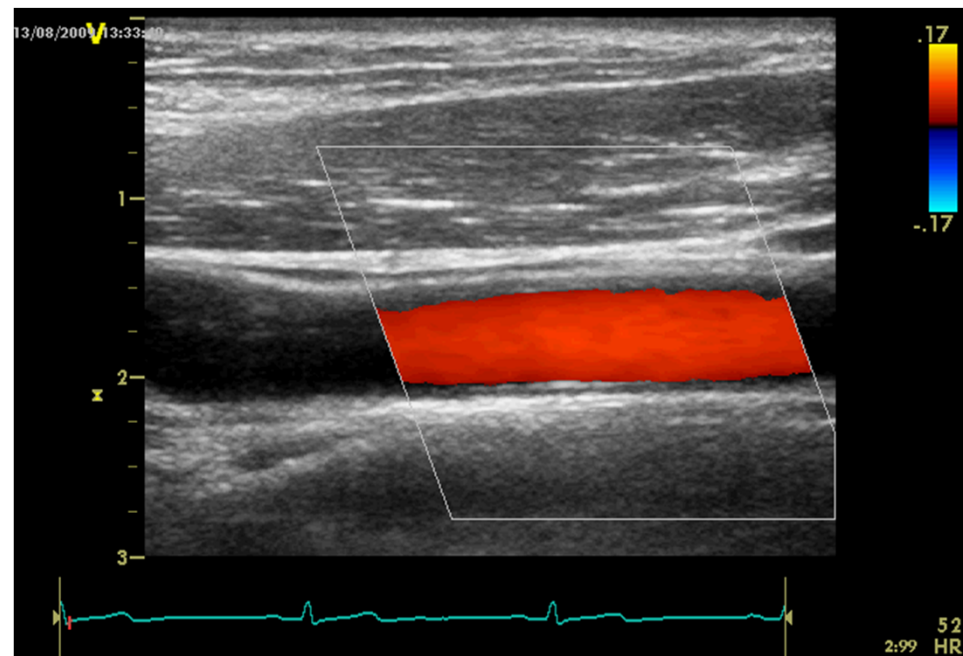


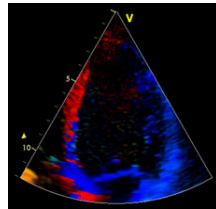
Vävnadsdoppler





Flödesdoppler



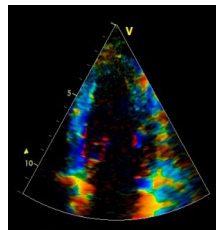


Velocity

Spatial derivation



Strain rate



Temporal integration



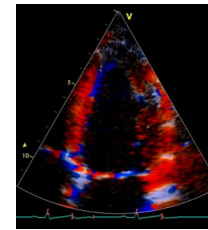
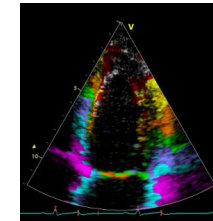
Displacement

Spatial derivation



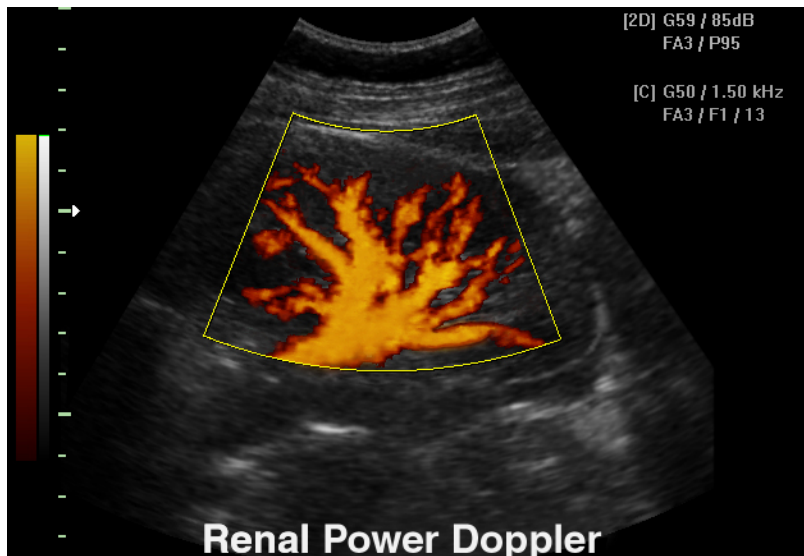
Strain

Temporal integration





Power Doppler



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



Övning 1.22: Blodflöde i halsartären avbildas med pulsad doppler längs den vita linjen i mitten av kärlet i den vänstra figuren. Det transmitterade ultraljudet har en centerfrekvens på 3MHz. Det största dopplerskiftet som mäts upp visas i den högra figuren.

- Beräkna blodets uppmätta maxhastighet i kärlet genom att göra rimliga antaganden.
- Vilken är den lägsta samplingsfrekvensen (PRF) som kan användas för att undvika vikningsdistortion (aliasing)?

