

Ultraljudsavbildning

Teknik

Föreläsning 2
Del 2

Matilda Larsson
matil@kth.se

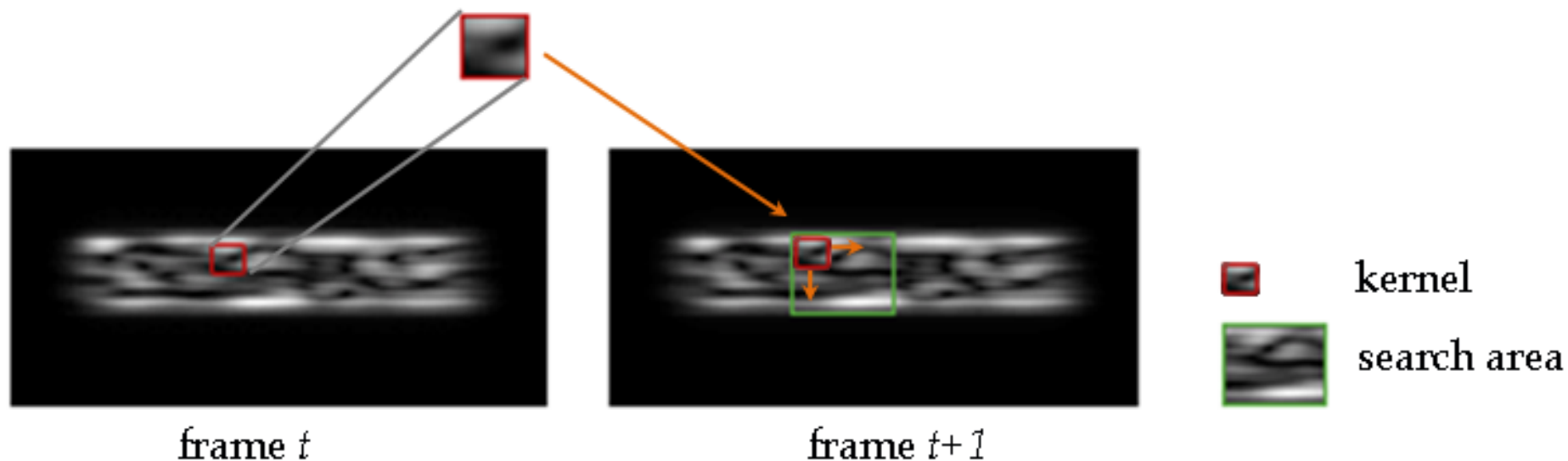
Vad ska vi lära oss idag?

Del 2

- Speckle tracking
- 3D Ultraljud
- Bildförbättrande tekniker
 - Harmonic Imaging, Kontrastmedel
- Säkerhet

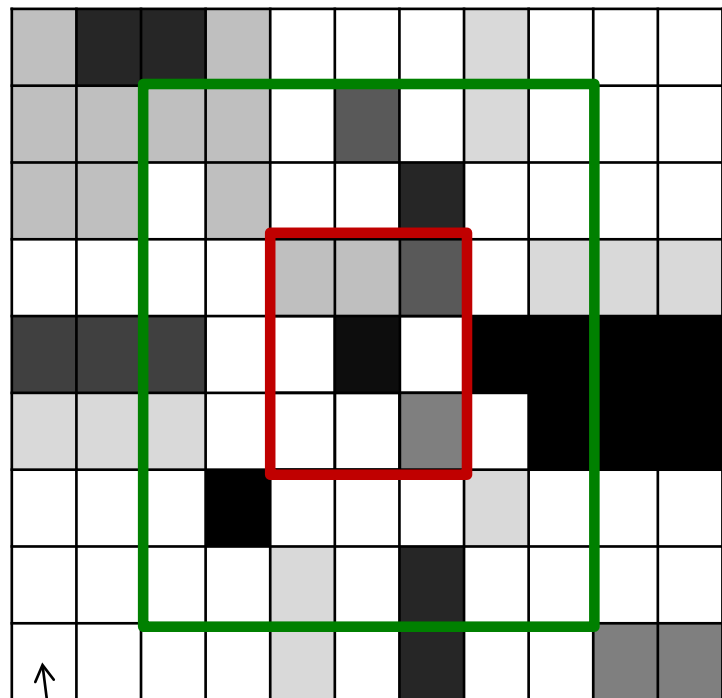
Speckle Tracking

- Mönsterigenkänning (blockmatching) -speckle identifieras mellan konsekutiva bilder (frames)
- Följer gråskalemönstret (speckles) i bilden
- Identifierar en kärna från frame t inom en specificerad sökarea i frame $t+1$



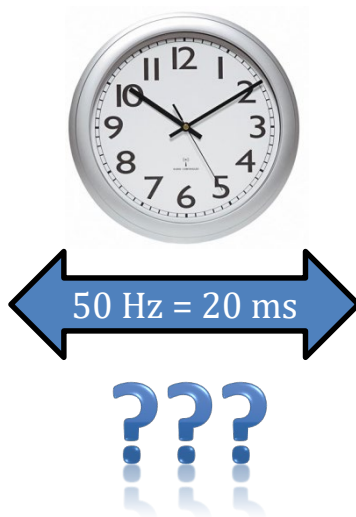
Speckle Tracking

Ultraljudsbild - BILD 1

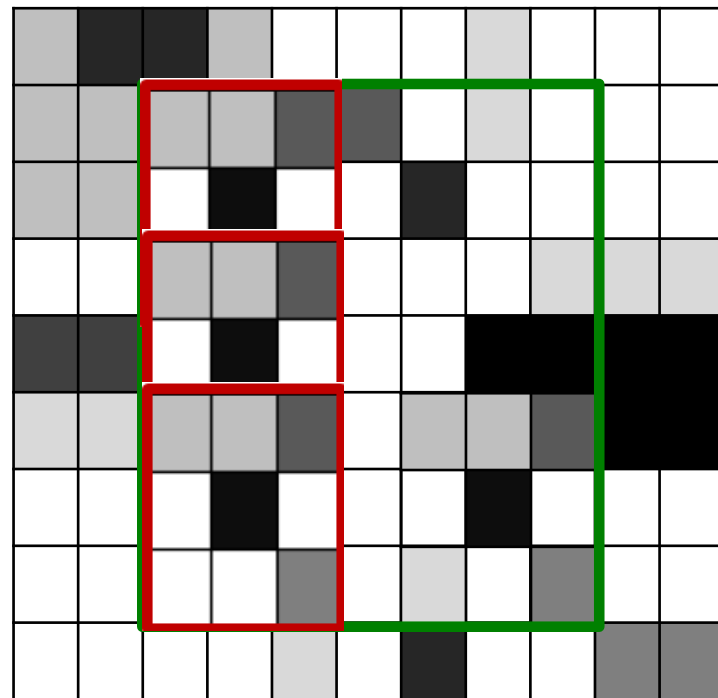


Sökarea

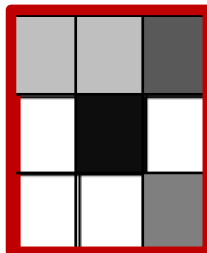
pixel



Ultraljudsbild - BILD 2



- Kärnan sveps över sökarean



Kärna = Kernel

Speckle Tracking

- För varje kernel-position i sökarean beräknas ett likhetsmått = **similarity measure**

Similarity measures

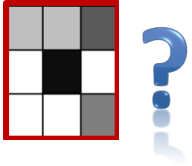
Summan av absoluta skillnader:

$$C_{SAD} = \sum_{i=-n}^n \sum_{j=-m}^m |RF_t(x_0 + j, y_0 + i) - RF_{t+1}(x_0 + \Delta x + j, y_0 + \Delta y + i)|$$

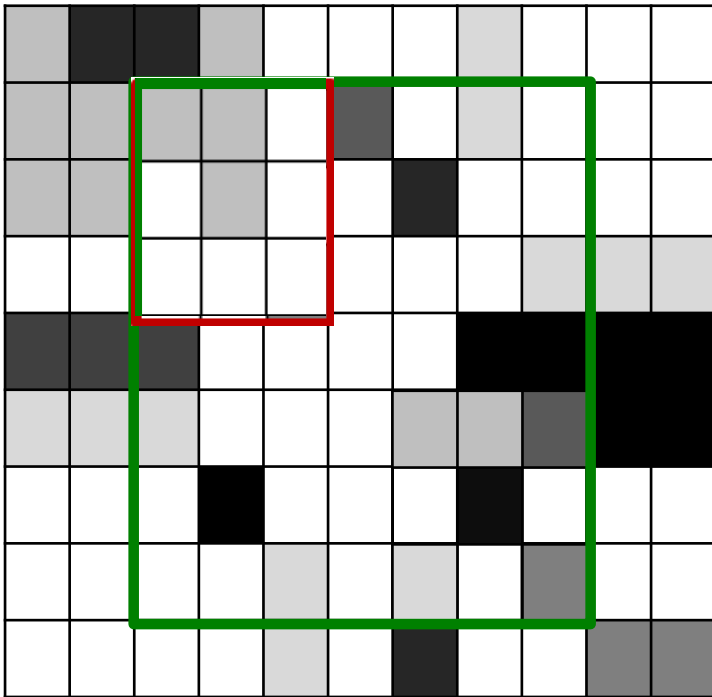
Korskorrelation:

$$C_{ncc} = \frac{\sum_{i=-n}^n \sum_{j=-m}^m RF_t(x_0 + j, y_0 + i) RF_{t+1}(x_0 + \Delta x + j, y_0 + \Delta y + i)}{\sqrt{\sum_{i=-n}^n \sum_{j=-m}^m RF_t^2(x_0 + j, y_0 + i)} \sqrt{\sum_{i=-n}^n \sum_{j=-m}^m RF_{t+1}^2(x_0 + \Delta x + j, y_0 + \Delta y + i)}}$$

Speckle Tracking - blockmatching



Ultraljudsbild - FRAME 2



Beräkning av similarity measure
-sum of absolute differences

KERNEL - BILD 1

5	5	1
30		30
30	30	3

SÖKAREA - BILD 2

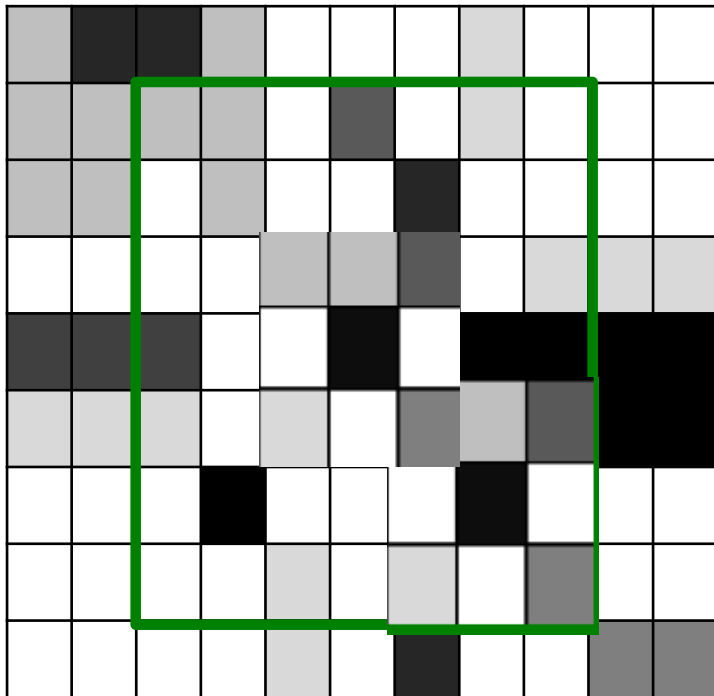
5	5	30
30	5	30
30	30	30

$$C_{SAD} = |(5 - 5)| + |5 - 5| + |1 - 30| + |30 - 30| + |0 - 5| + \dots$$
$$|30 - 30| + |30 - 30| + |30 - 30| + |3 - 30| = \mathbf{61}$$

UPPREPA FÖR ALLA KERNEL-POSITIONER I SÖKAREAN!

Speckle Tracking – blockmatching

Lägsta värdet på C_{SAD} = Bästa överensstämelsen = Positionen dit kärnan flyttats



KERNEL - BILD 1

5	5	1
30		30
30	30	3

SÖKAREA - BILD 2

5	5	1
30		30
6	30	3

$$C_{SAD} = |(5 - 5)| + |5 - 5| + |1 - 1| + |30 - 30| + |0 - 0| + \dots \\ |30 - 30| + |30 - 6| + |30 - 30| + |3 - 3| = \mathbf{24}$$

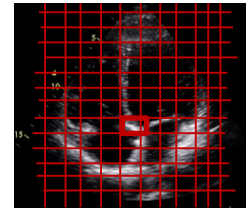
OBS! Förflyttning av kernel i 2D

Speckle Tracking

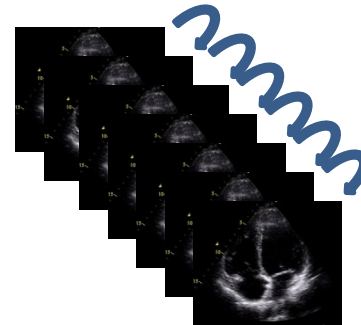
✓ Nu vet vi hur en punkt i bilden rör sig i 2D mellan två bilder

→ Vi vill veta hur **olika punkter** i bilden rör sig i 2D över **hela hjärtcykeln**

- Upprepa blockmatching i flera punkter i bilen



- Göra blockmatching mellan alla efterföljande bilder i cykeln

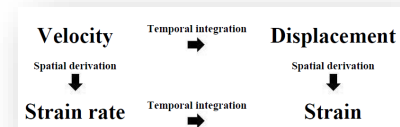


- Beräkna andra parametrar

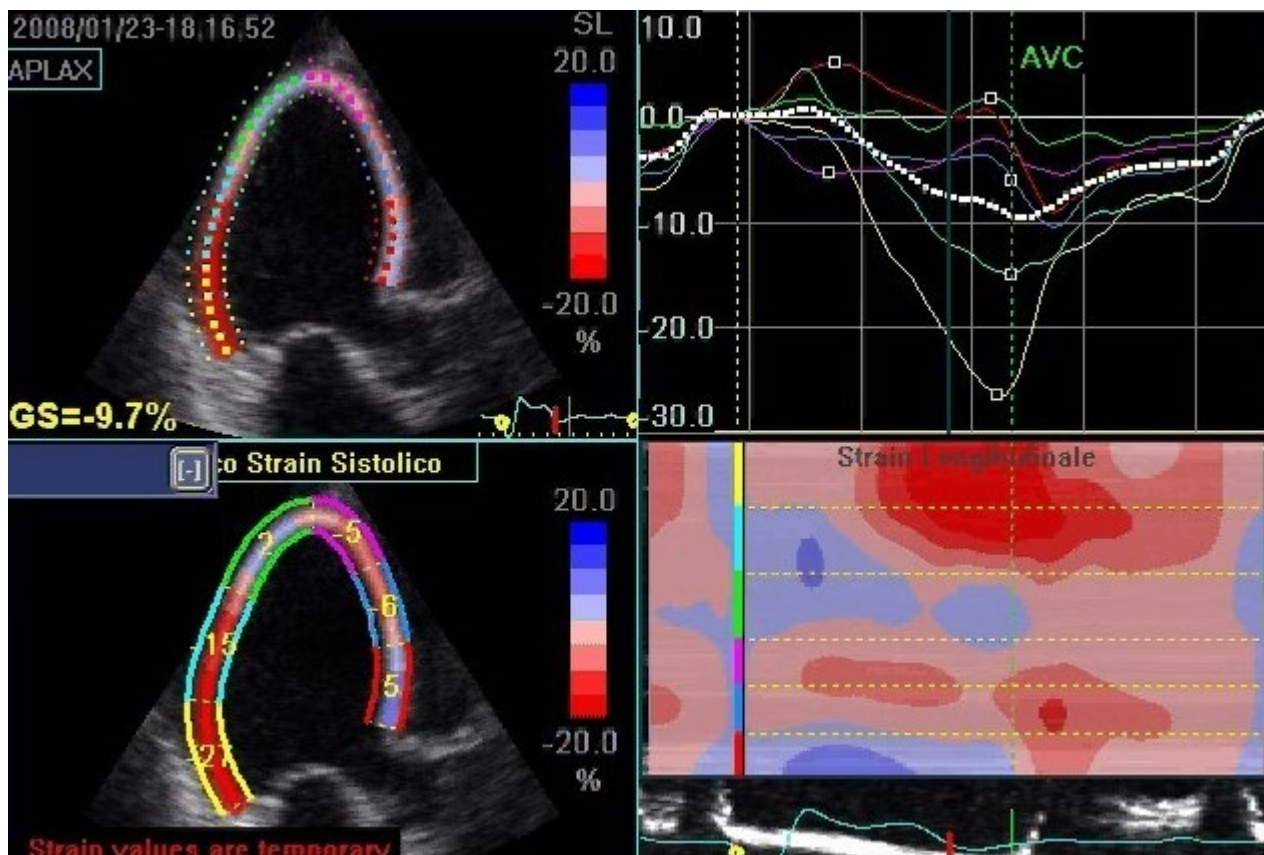
Displacement



Velocity – Strain - Strain Rate



Speckle Tracking



- Radiell och longitudinell strain (2D) inom ROI (Region of interest)

Speckle Tracking:

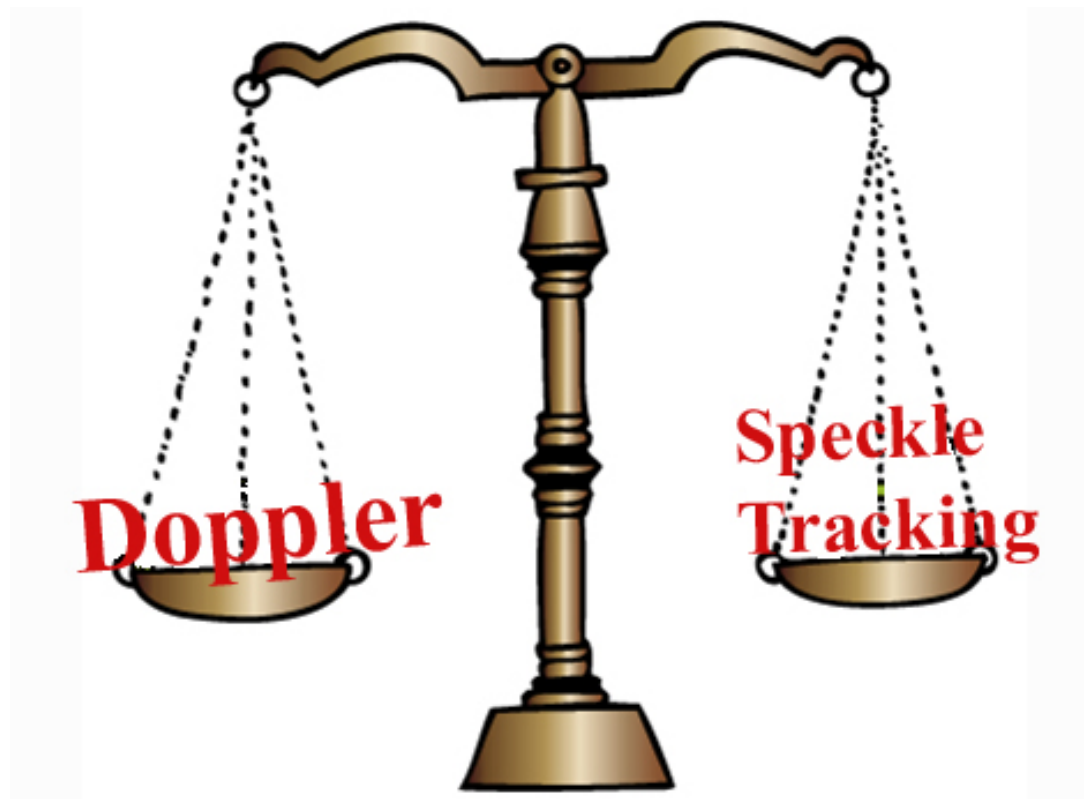
1. är beroende av vinkeln mellan transducern och objektet
2. kan mäta hastighet i vilken riktning som helst
3. fungerar bara på bilder från homogena objekt
4. beror ej av bilduppdateringsfrekvensen



Skillnader?



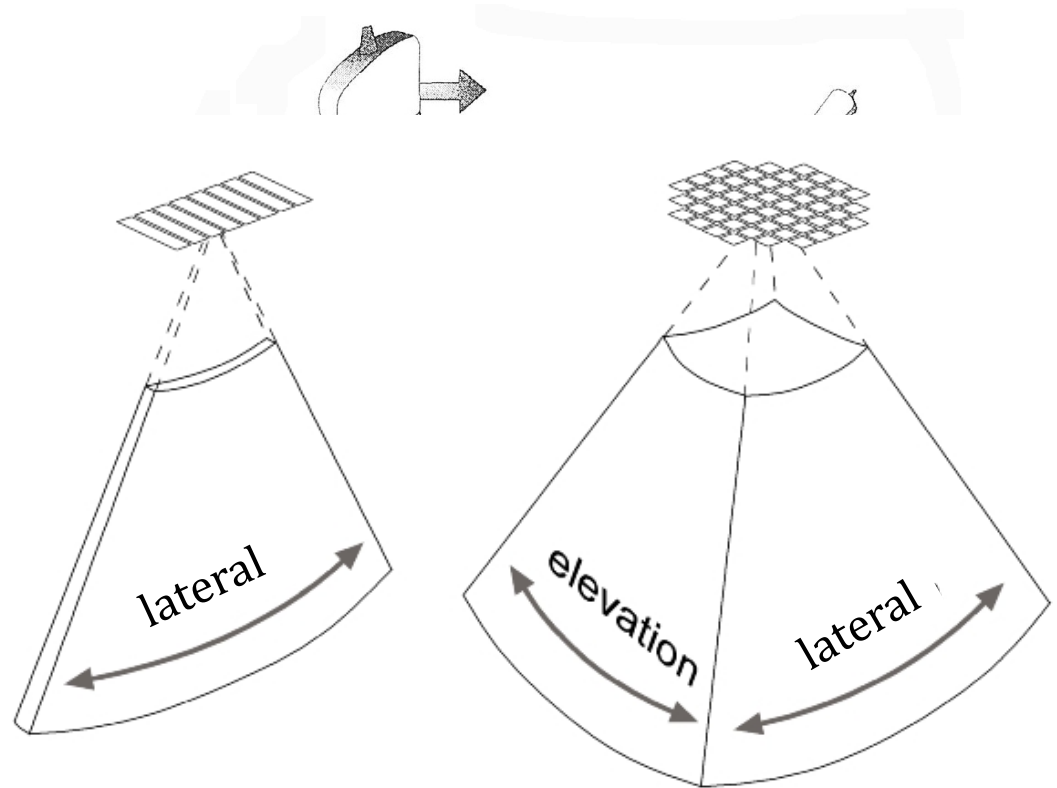
Fördelar, Nackdelar?



- Mäter frekvensskift
- Vinkelberoende
- Kan bara mäta i strålens riktning
- Hög frame rate

- Identifierar speckle-mönster
- Vinkeloberoende
- Kan mäta i flera riktningar
- Begränsad frame rate

3D Ultrajud



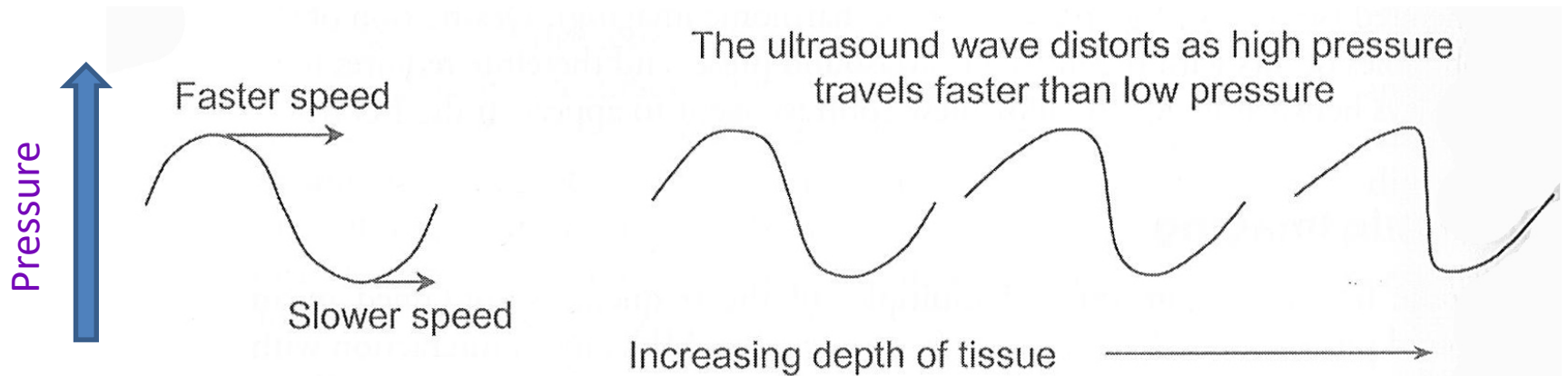
Freeform

Rotational



Harmonic Imaging

- Antagande: Konstant ljudhastighet, men i verkligheten **NON-LINEAR PROPAGATION**



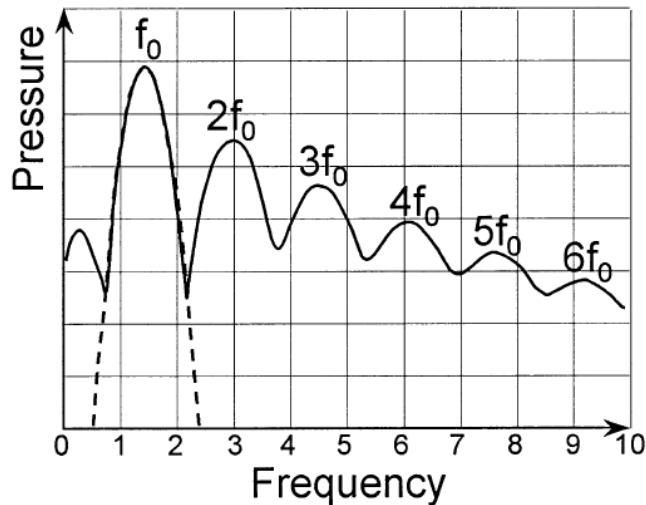
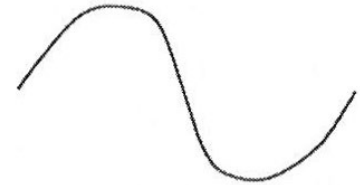
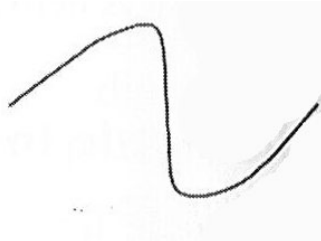
- Bernoullis förenklade ekvation

$$p = 4c^2$$



Harmonic Imaging

- En mer trekantsformad våg innehåller högre frekvenser än en sinusvåg



- Sänder med en grundfrekvens medan **mottagning sker på multipel av centerfrekvensen** övertoner (harmonier)

F_0 = grundtonens centerfrekvens

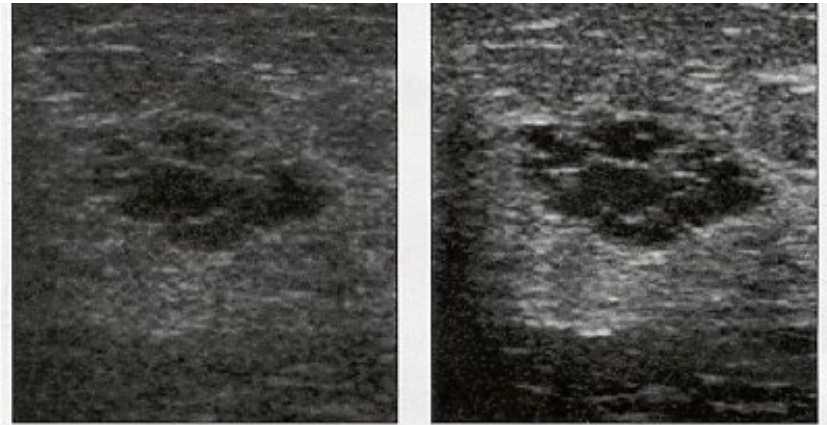
Streckad linje = bandbredd av grundtonen (djup 0 cm)

Heldragen linje = multipla harmonier (10 cm)

- **Överton** = Delton i ljudvågen som bildas i kroppen pga. att ljud med högt tryck propagerar snabbare i vävnaden än ljud med lågt tryck → kurvformen förändras

Varför Harmonic Imaging?

- Bättre spatial upplösning – högre frekvens
- Mindre brus – har inte färdats fram och tillbaka utan bildats i kroppen, mindre spritt ljud
- Färre artefakter (ekon med låg amplitud producerar inte övertoner)

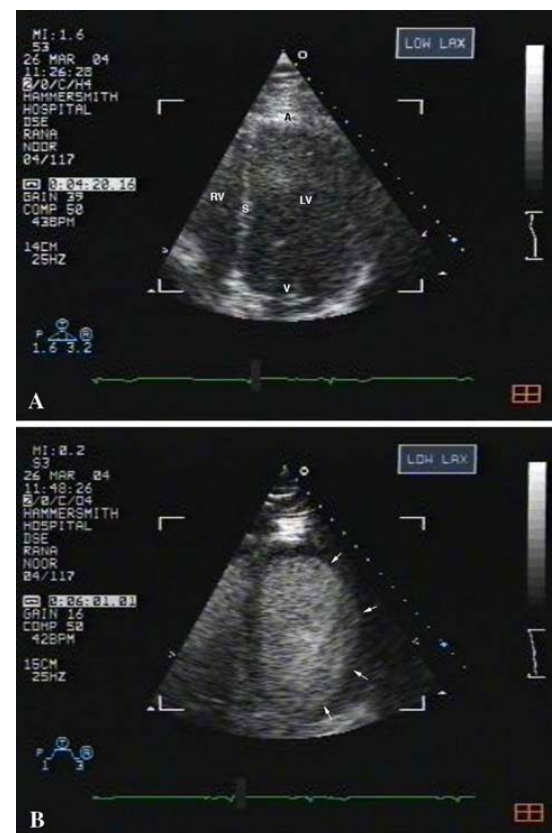


Kontrastmedel

- Kontrastmedel som används i ultraljud är:
 - Gasfyllda mikrobubblor
- Kontrastmedel används för att få bättre bildkvalitet

Öka kontrast mellan blod och vävnad →

Framtid: "Drug delivery"



Är ultraljud farligt?

- Inga allvarliga effekter av medicinsk ultraljud finns dokumenterade

Vill undvika:

1. **Kavitation** = stort negativt tryck -> mikrobubblor i vätskor kollapsar
 2. **Uppvärmning** = absorption av ultraljudsenergi
- Ljudets energi och intensitet bestämmer inverkan på vävnaden

Är ultraljud farligt?

Säkerhetsindex:

1. Mekaniskt index (MI) - anger risk för mekanisk påverkan i vävnaden

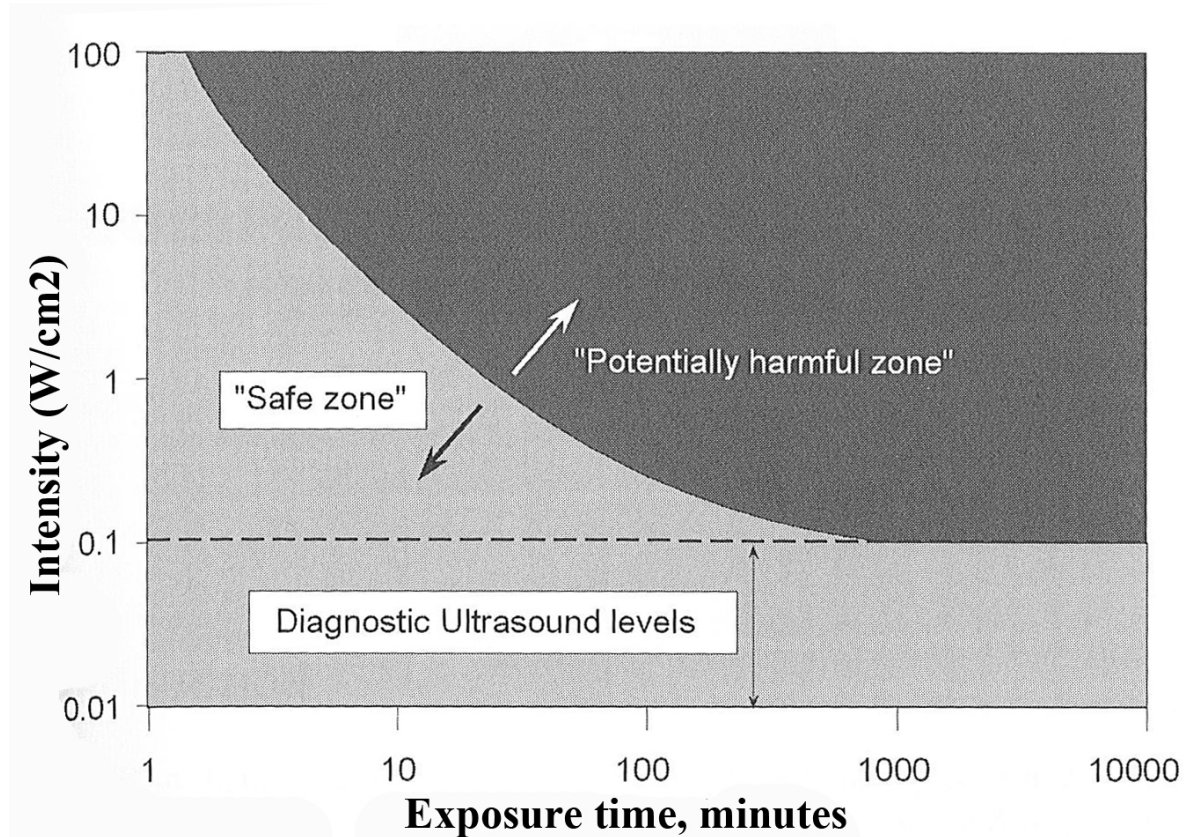
2. Termiskt index (TI) - anger risk för temperaturökning i vävnaden

- Ett TI-värde på 1,5 anger en möjlig temperaturökning i vävnaden på 1,5°C.

Rekommendation $MI \& TI < 0,5$ → mycket god säkerhetsmarginal

Är ultraljud farligt?

- Tidsaspekten är viktig!



Kursens lärandemål

- Redogöra för modaliteternas för- och nackdelar ur ett kliniskt och tekniskt perspektiv

Ultraljud i jämförelse med andra bildgivande modaliteter

Tillgänglighet

Användarberoende

Ekonomi

Säkerhet

Upplösning

Avbildningsmöjligheter

