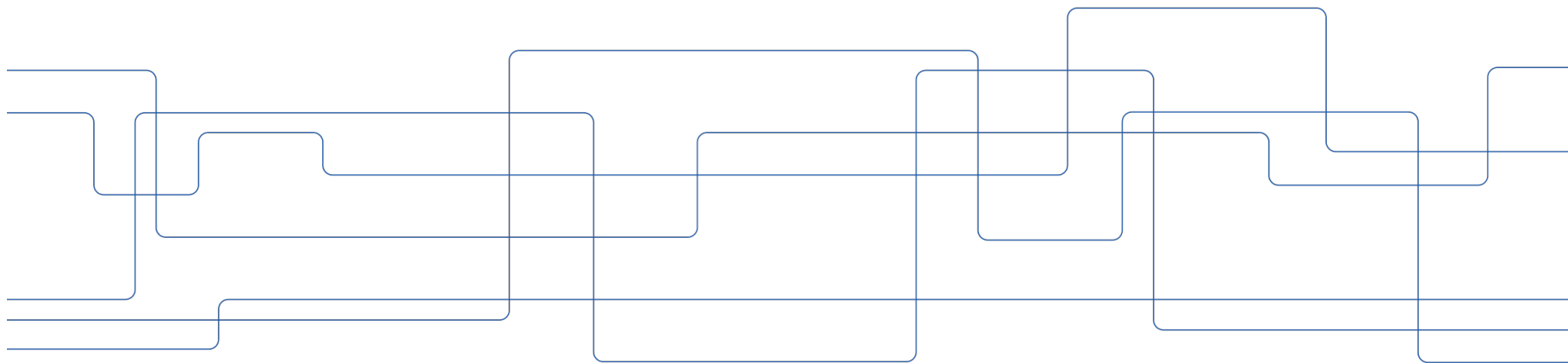




Ultraljudsavbildning – Teknik 1a

Matilda Larsson - matil@kth.se





Kursens lärandemål

1. Förklara och tillämpa de fysikaliska processerna som ligger till grund för avbildning
2. Redogöra för uppbyggnaden och principen av bildgivande tekniker och apparatur
3. Redogöra för modaliteternas bildkvalitet
4. Redogöra för modaliteternas för- och nackdelar ur ett kliniskt och tekniskt perspektiv

Målrelaterade betygskriterier

	E	C	A
1. Förklara och tillämpa de fysikaliska processerna som ligger till grund för avbildning	beskriva fysikaliska processer samt uppskatta eller beräkna avbildningsprocesser med givna parametrar	förklara fysikaliska processer samt uppskatta eller beräkna avbildningsprocesser med implicita parametrar	beräkna eller uppskatta avbildningsprocesser genom egna antaganden
2. Redogöra för uppbyggnaden och principen av bildgivande tekniker och apparatur	beskriva tekniken och systemets ingående delar samt dess funktion	redogöra för hur givna förändringar i tekniken och systemets ingående delar påverkar avbildningen	redogöra för hur tekniken och systemets ingående delar kan optimeras genom egna antaganden
3. Redogöra för modaliteternas bildkvalitet	med givna parametrar beräkna eller uppskatta olika mått på bildkvalitet samt förklara hur de begränsas utifrån fysikaliska processer	beräkna eller uppskatta olika mått på bildkvalitet med implicita parametrar	beräkna eller uppskatta olika mått på bildkvalitet genom egna antaganden
4. Redogöra för modaliteternas för- och nackdelar ur ett kliniskt och tekniskt perspektiv	exemplifiera kliniska tillämpningar samt motivera val av och jämföra avbildningstekniker	-	-



Nytt övningsmaterial

- Frågor på E- och A/C-nivå för lärandemål 1-3 per modalitet
- Frågor på E-nivå för lärandemål 4
- Arbeta med under kursens gång - hemma och vid schemalagda seminarier/övningar
- Inget facit, men möjlighet att diskutera/fråga vid schemalagda aktiviteter
- Beskriver kursinnehållet bra men inte heltäckande
- Fokusera på förståelse - svårt att klara tentan om man lär sig svara på frågorna utan att förstå
- Levande dokument - kan utökas vid behov (ge gärna feedback!)
- Mamos delar eventuellt delvis digitalt på Canvas



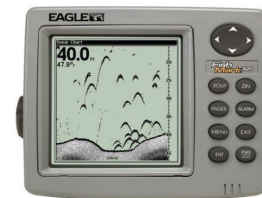
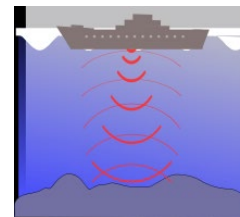
Vad ska vi lära oss idag?

- Introduktion
- Repetition av materialet i åk 2
 - Hur genereras/detekteras ultraljud?
 - Vad händer med ultraljud i vävnad?
 - Pulsekotekniken
- Hur skapas en ultraljudsbild? (B-mode, A-mode, M-mode)

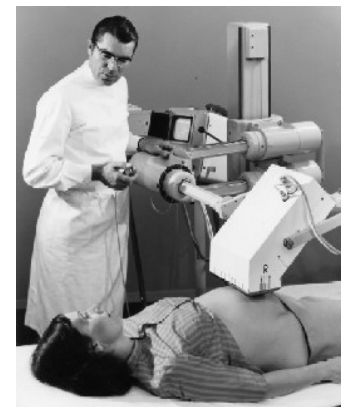
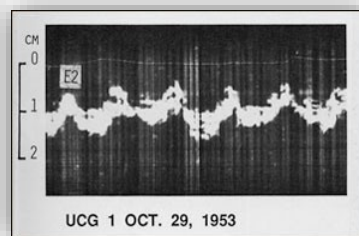
Lärandemål 1: Fysikaliska processerna som ligger till grund för avbildning

Introduktion

- Fladdermöss och delfiner
- Industriella tillämpningar
- Ekolod
- Medicinska tillämpningar
 - Terapi
 - Avbildning



1953 i Lund



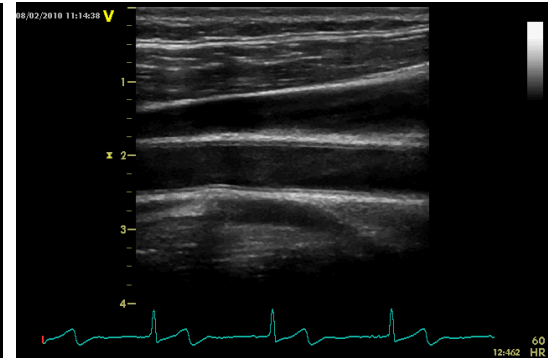
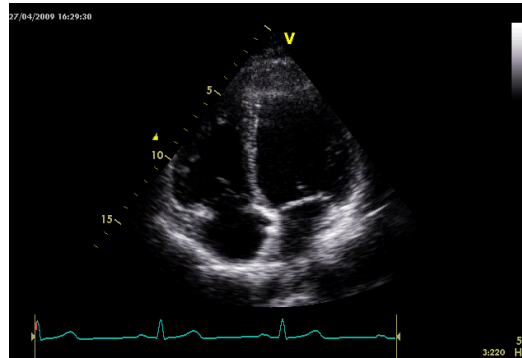
1965 Philips



Fosterdiagnostik



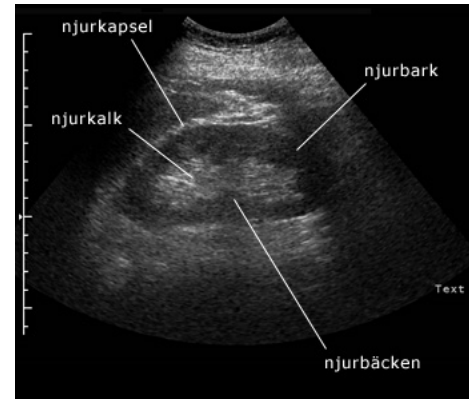
Hjärt-kärldiagnostik



Gynekologi



Njurdiagnostik



Vad kan avbildas? Mjukvävnad, organ och flöden



Vad är ultraljud?

- A) Ultraljud är en mekanisk våg som kan propagera i vakuum
 - B) Ultraljud är en transversell våg som utbreder sig i ett medium, alltså i gas, vätska eller fast ämne
 - C) Ultraljud är en longitudinell våg som förflyttar materian i det mediet som den utbreder sig i
 - D) Ultraljud är en våg som svänger vinkelrätt mot dess utbredningsriktning och skapar tryckförändringar i mediet som den propagerar i
-



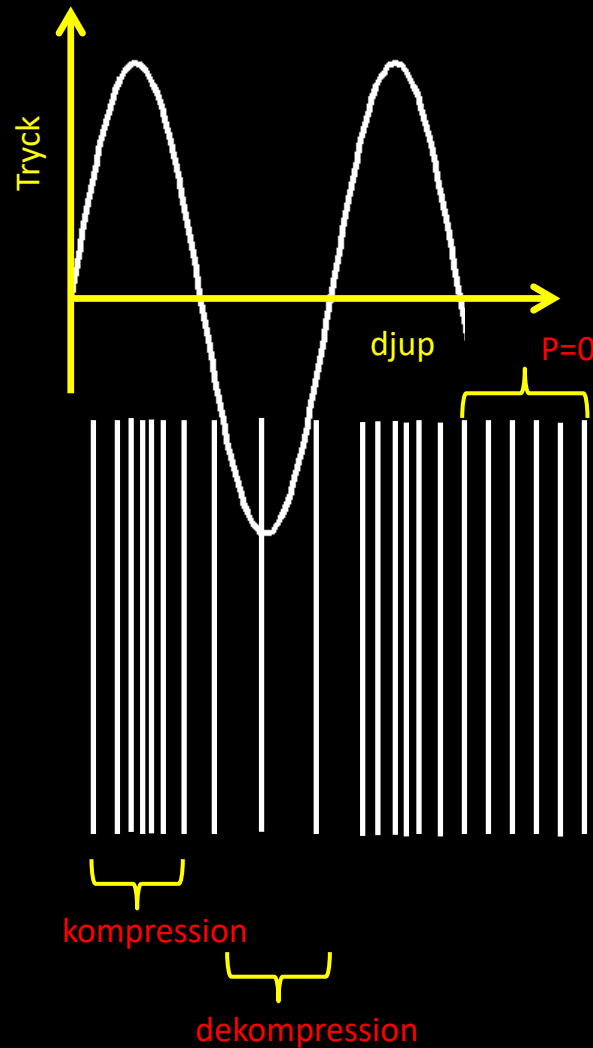
Vad är ultraljud?

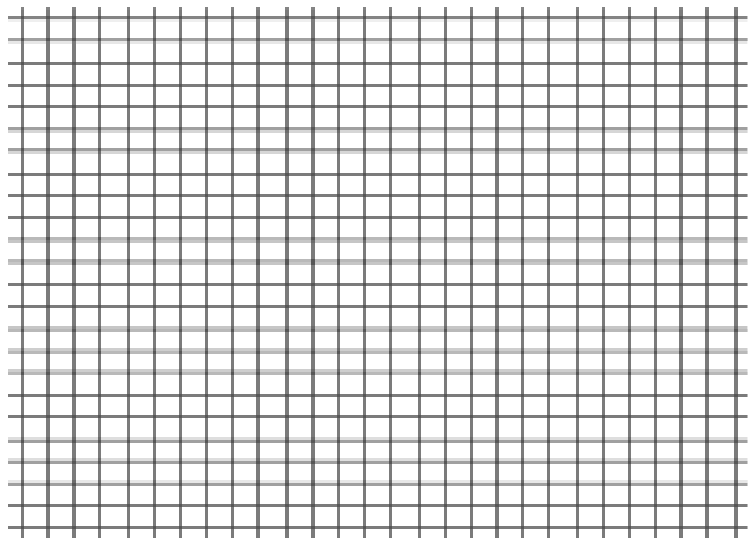
- Ljudvågor med $f > 20 \text{ kHz}$
- Mekaniska vågor - förtätningar/förtunningar
- Longitudinella vågor – svänger i utbredningsriktningen

Intensitet $\sim$ tryck i kvadrat

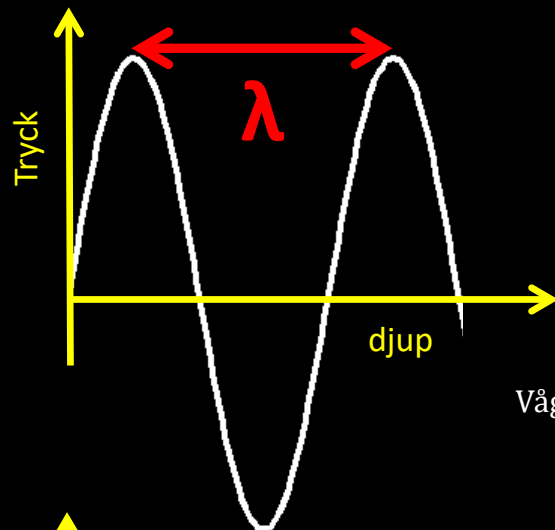
$$I \sim P^2$$

Ljudintensitet: Ljudets
effekt (energi per
tidsenhet) per ytenhet -
enhet W/m^2





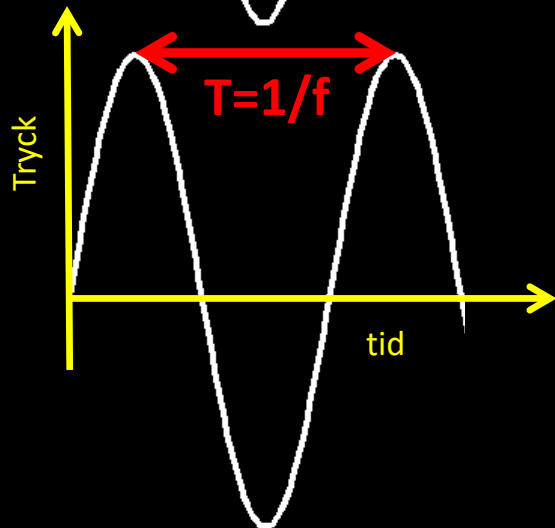
Rumsdomän



Våglängd $\times$ frekvens = ljudhastighet

$$\lambda f = c$$

Tidsdomän



Ljudhastighet (c)

$$c = \sqrt{\frac{k}{\rho}}$$

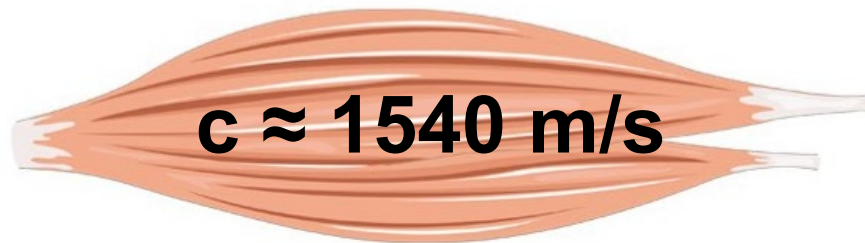
styvhet

densitet

Låg ρ och hög k = hög c

Hög ρ och låg k = låg c

Medium	c (m/s)
Vatten	1480
Njure	1560
Mjukvävnad	1540
Ben	3190-3406

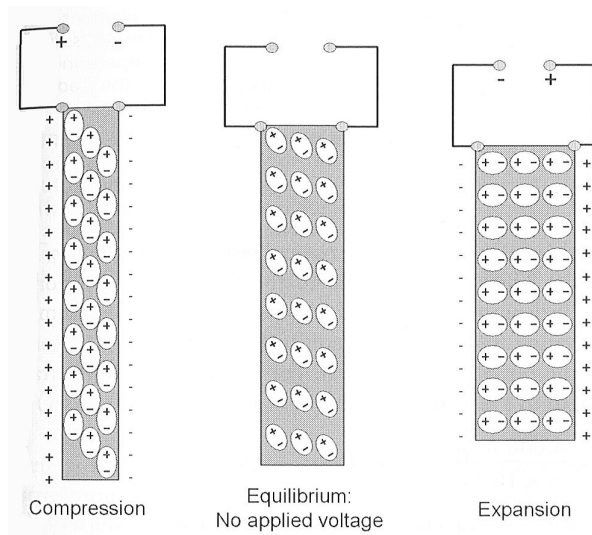


Hur genereras ultraljud?

Piezoelektricitet

(piezo = "trycka, pressa")

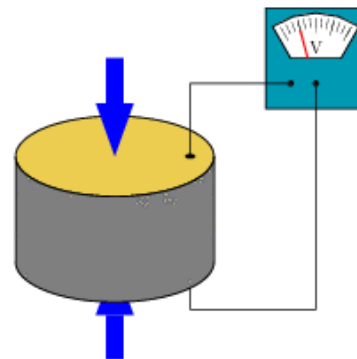
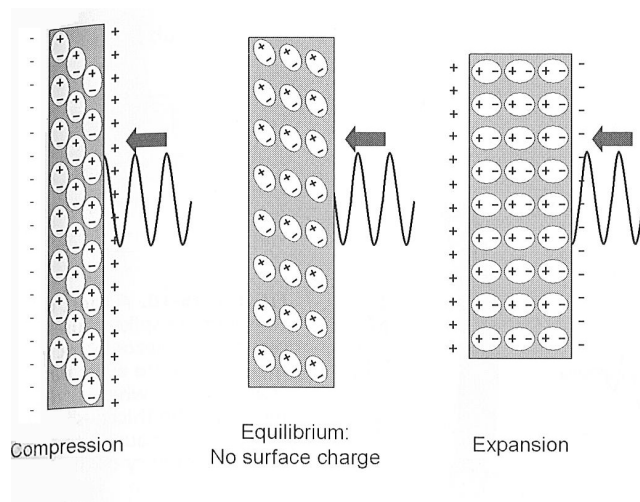
- Ämnet består av dipoler (osymmetriska laddnings-förskjutningar)
- Kristaller eller keramiska material



Elektricitet → Materialet vibrerar → Ultraljud genereras

Hur detekteras ultraljud?

Piezoelektricitet



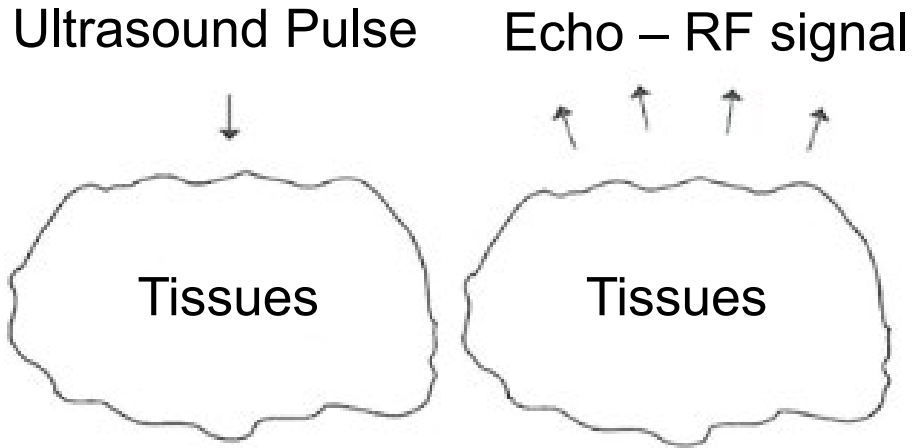
Ultraljudsekon → Materialet vibrerar → Elektrisk signal genereras

= Information för att bygga upp ultraljudsbilden

Hur ser en transducer (prob) ut?



Vad händer med UL i kroppen?



Varför kallas ultraljudsekot ofta RF-våg?

- Mekanisk våg (inte elektromagnetisk våg)
- Frekvens i radiofrekventa spektrumet (10 kHz till 300 GHz)

1) Generera ultraljud

2) Interaktion med vävnad

3) Detektera ultraljud

Vävnadsinteraktion - vilka hör ihop?

Akustisk
impedans

Speckle

1. Transmission

2. Refraktion

3. Reflektion (spegling)

4. Diffus reflektion

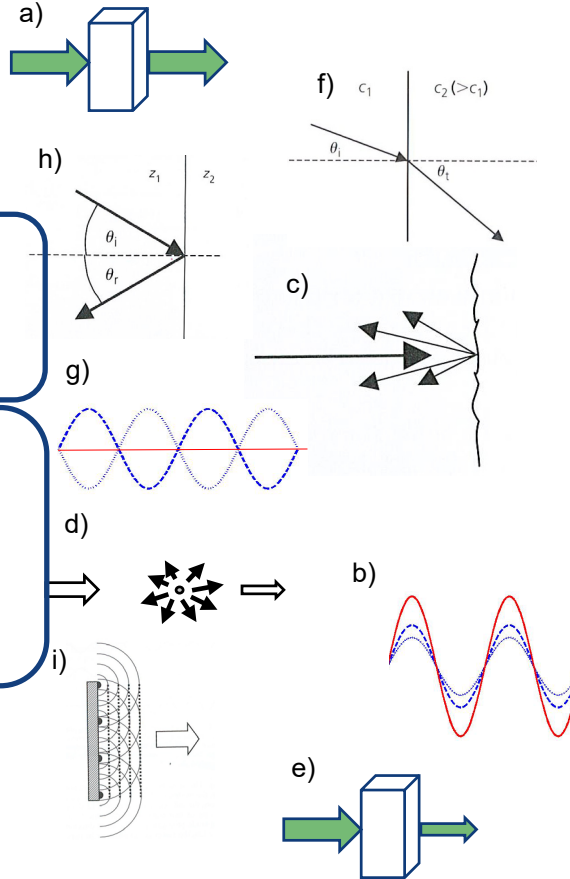
5. Destruktiv interferens

6. Spridning - scattering

7. Konstruktiv interferens

8. Diffraktion

9. Absorption



H. Ljudet fortplantar sig i ett medium

E. Ljudvågen byter riktning vid övergången mellan två medier *Snell's law:* $\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \frac{c_1}{c_2}$

A. Ljudet studsar mot en yta och ändrar riktning

F. Ljudet studsar mot en yta och börjar propagera i flera olika riktningar

D. Överlagring av två eller flera vågor där resultatet blir utsläckning

G. Ljudet sprids mer eller mindre lika mycket i alla riktningar

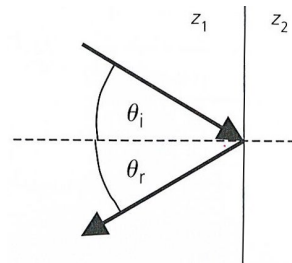
I. Överlagring av två eller flera vågor där resultatet blir förstärkning

C. Ljudvågen sprids när den propagerar från en källa

B. Energin i en ljudvåg minskar då vågen propagerar i ett medium

Akustisk impedans (z)

- Reflektion sker i gränsskikt mellan medier med skillnad i akustisk impedans
- Akustisk impedans är
 - en materialegenskap hos ett medium
 - mått på hur svårt det är för partiklarna att röra sig i ett medium



Låg ρ och låg k = låg z

Hög ρ och hög k = hög z

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

ρ - mediets densitet, c - ljudhastigheten i mediet, k - styvhet

Akustisk impedans (z)

- Hur mycket som reflekteras beror skillnaden i akustisk impedans

$$\frac{I_r}{I_i} = R_i = R_A^2 = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2$$

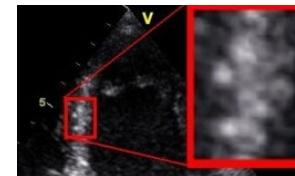
Medium	Z
Muskel	1.7×10^6
Njure	1.62×10^6
Fett	1.38×10^6
Luft	4.2×10^2
Bly	1.36×10^7

(kg/m^2s)

Gränsskikt	R_A
Lever-njure	0.006
Lever-ben	0.59
Lever-luft	0.9995
Mjukvävnad-PZT	0.80
Gas - vävnad	0.999
Lever-muskel	0.0001
Ben-muskel	0.3

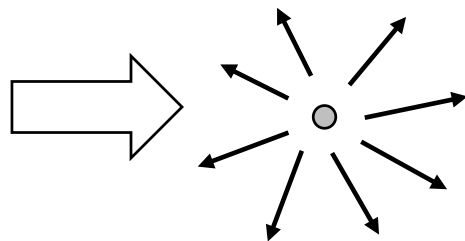
Måste använda gel vid ultraljudsavbildning
- annars totalreflektion

Spridning + Interferens -> Speckle



Spridning

- Ljudet sprids i mer eller mindre alla riktningar när det träffar en liten reflektor ($< \lambda$).
- Ingen spridning i homogent medium

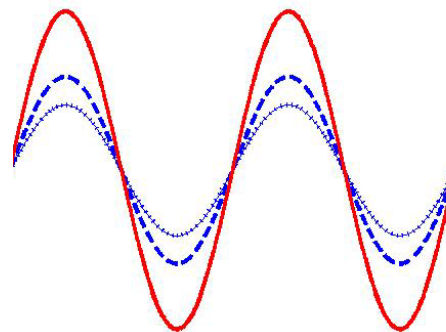


- Ljudvågens utbredningsriktning - Liten reflektor

Interferens

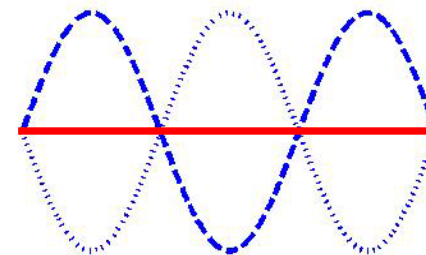
- Överlagring av två eller flera vågor
→ nytt vågmönster

Konstruktiv Interferens
- Förstärkning



A — B A+B —

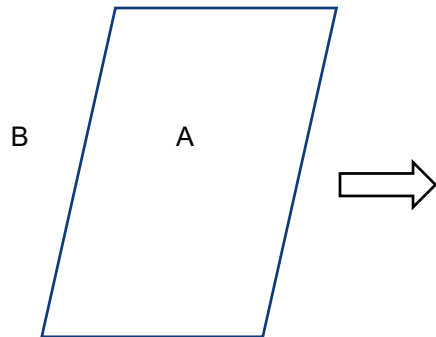
Destruktiv Interferens
- Släcka ut



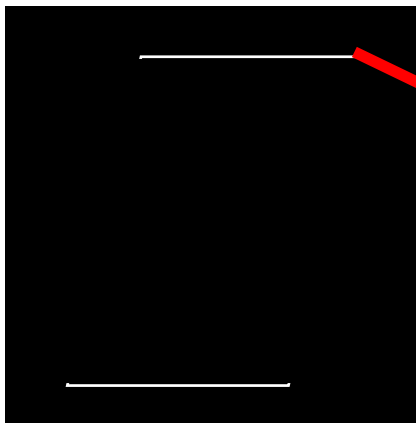
A — B A+B —

Homogent objekt

- inga reflektorer
- $Z_A \neq Z_B$



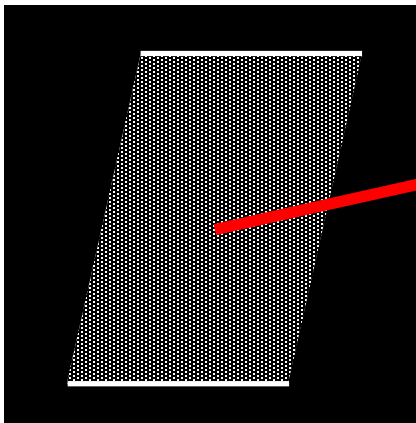
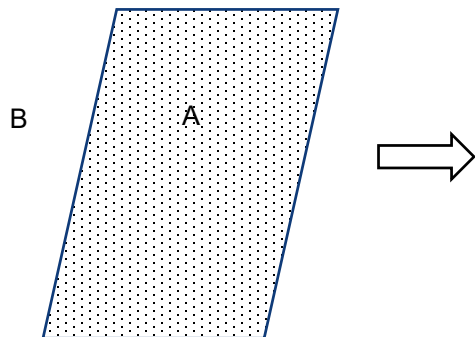
Avbildning



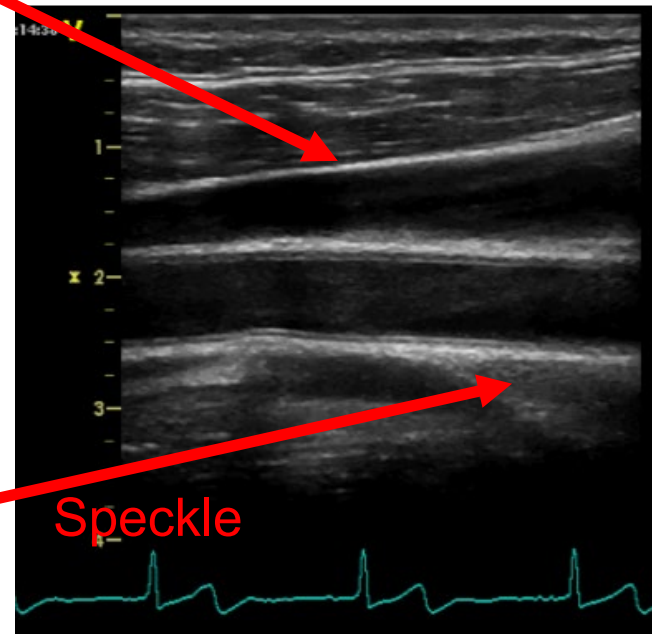
Specular reflection

Icke-homogent objekt

- många reflektorer
- $Z_A \neq Z_B$

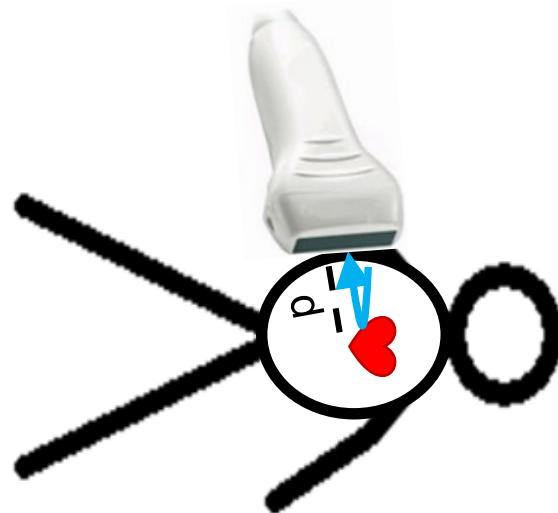
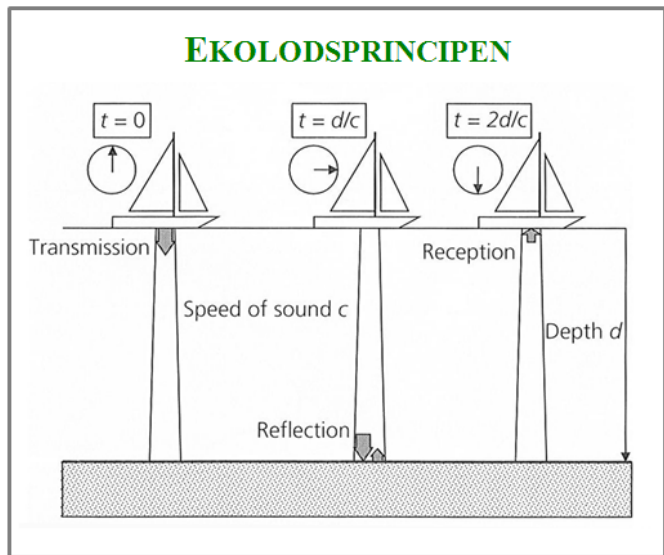


Speckle



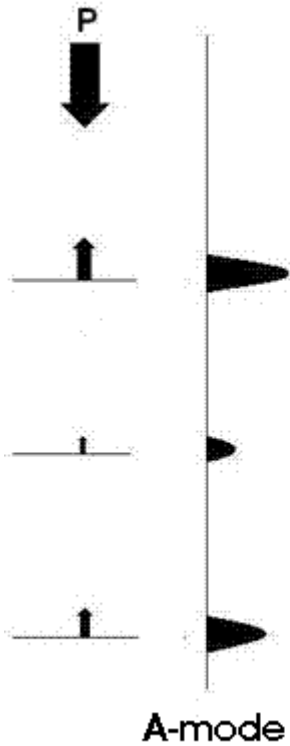
Pulsekometoden

- **Tiden** från sändning till detektion används till att bestämma reflektionsdjupet



ANTAGANDE: Ljudhastigheten är 1540 m/s i kroppen

Olika pulseko-moder



A-mode (Amplitude mode)

- visar på vilket djup gränsskikten finns med en amplitudkurva hur starkt ekot är

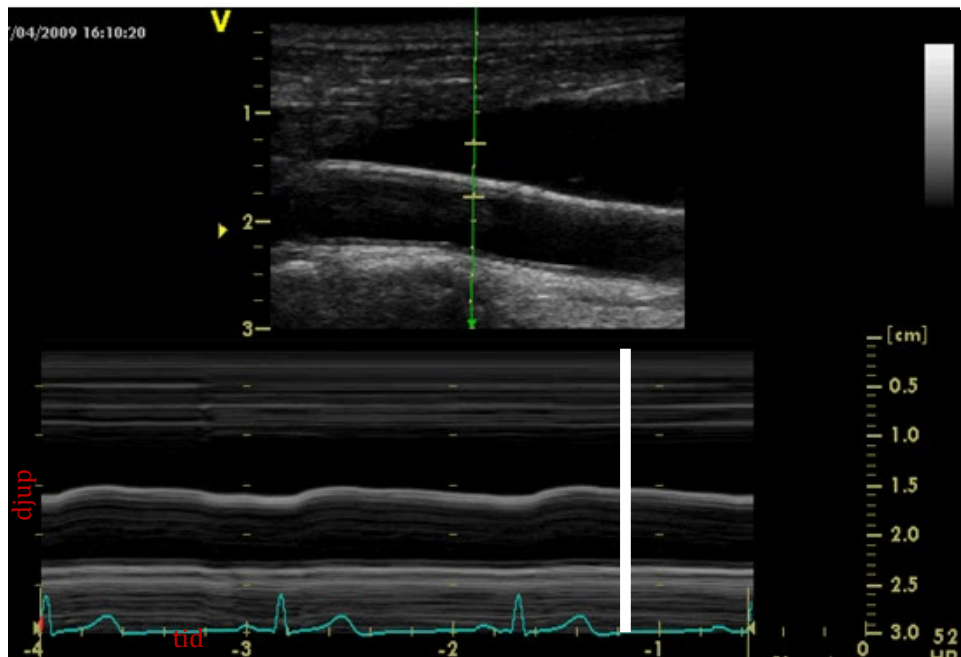
B-mode (Brightness mode)

- visar på vilket djup gränsskikten finns och med en fläck/prick hur starkt ekot är

M-mode (Time-Motion mode)

- visar över tiden hur gränsskikten längs en stråle rör sig över tiden

Olika pulseko-moder



B-mode

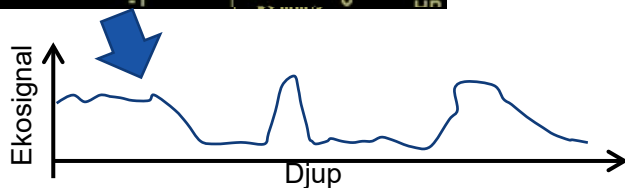
- Brightness mode

M-mode

- Time-Motion mode

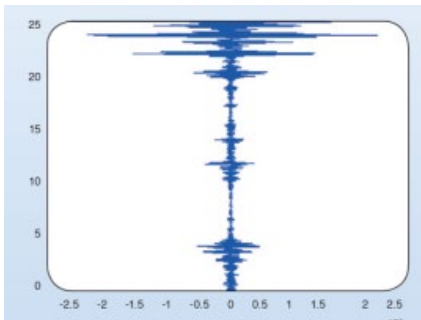
A-mode

- Amplitude mode

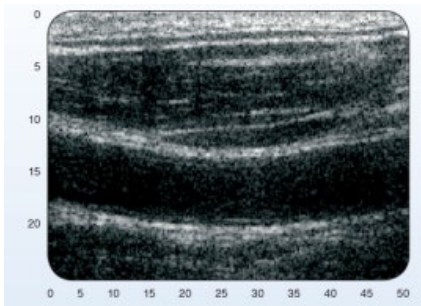


Hur skapas gråskalebilden – B-mode?

RF-data



B-mode

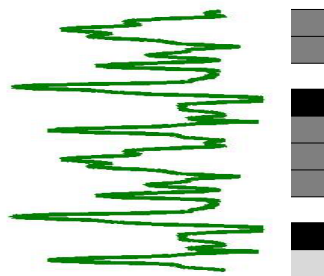
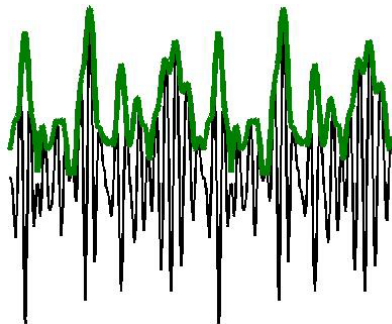


B-mode för varje ljudstråle (beam) som skickas ut

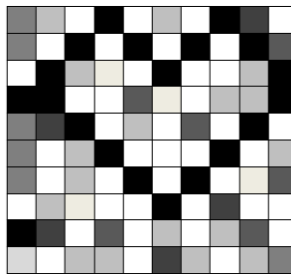
= RF-signalen kodas till ett intensitetsvärde för varje pixel

Hur skapas gråskalebilden?

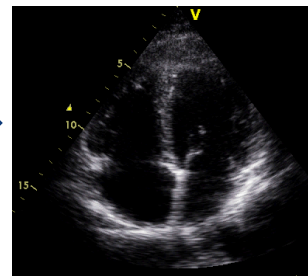
Envelope detection
(*Hilbert transform*)
-kurvformsdetektion



Beam 1

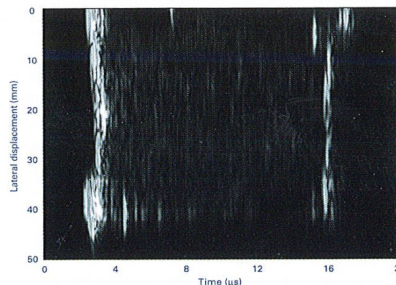
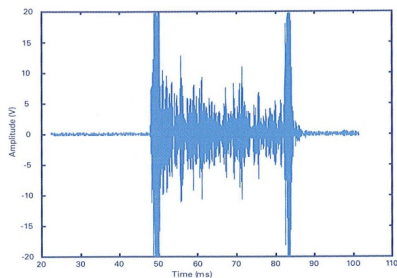


Beam 1 2 3 4 5 osv...



Hur skapas gråskalebilden?

3) **Logkompression** – Framhåva intensitetsskillnader i mörka områden och undertrycka intensitetsskillnader i ljusa områden



Originalbild med tydlig "specular reflection"

Logkompression

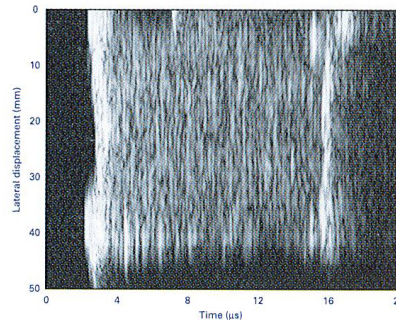
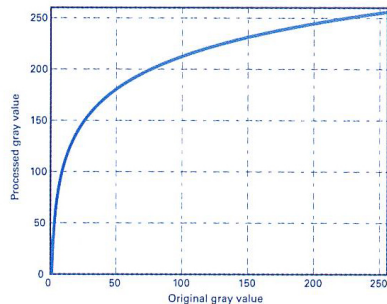


Bild efter logkompression