

Vad ska vi lära oss idag?

Del 2

- Ultraljudstransducrar
- Beamforming
- Bildkvalitet

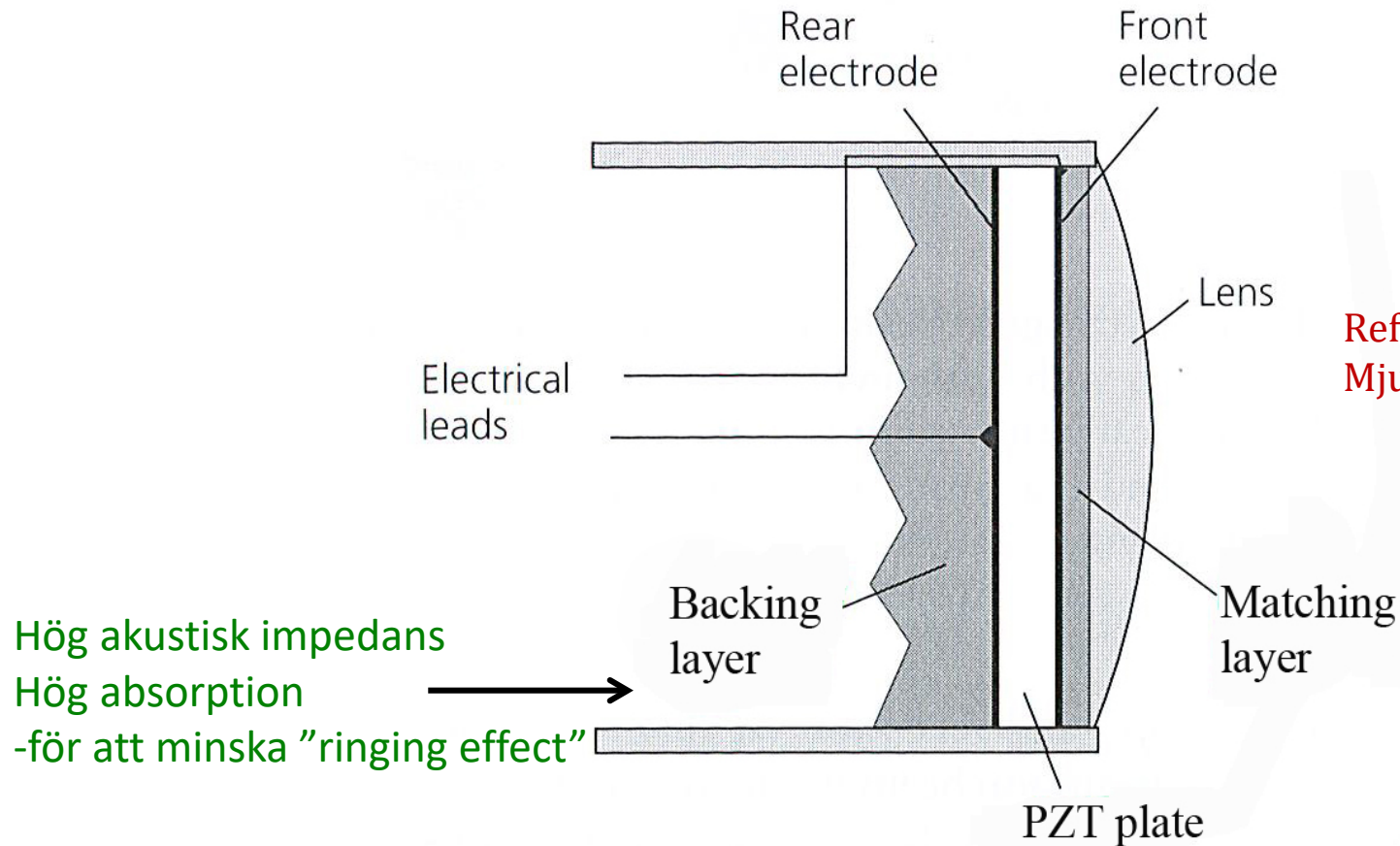
Hur ser en transducer (prob) ut?



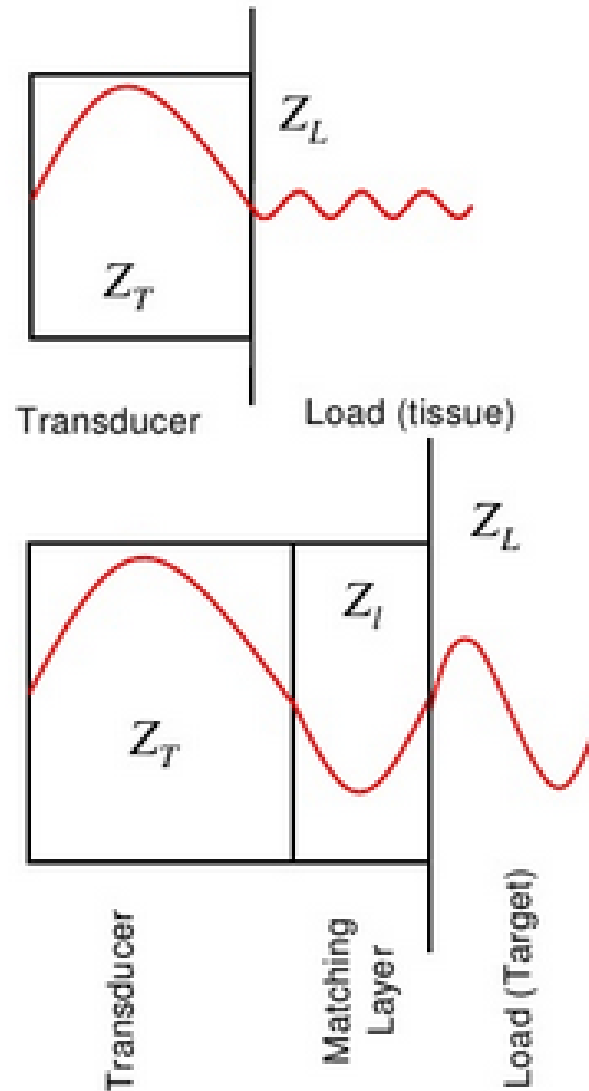
- En transducer består många element/kristaller (ex. 195 st)

➤ **OBS! I kursboken: transducer = element/kristall**

Här: transducer = proben

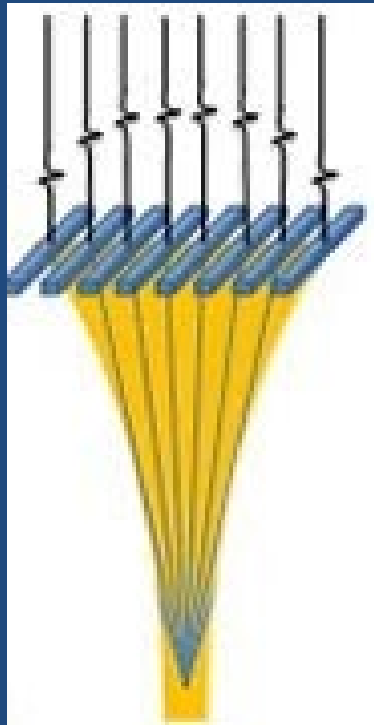


Matching layer



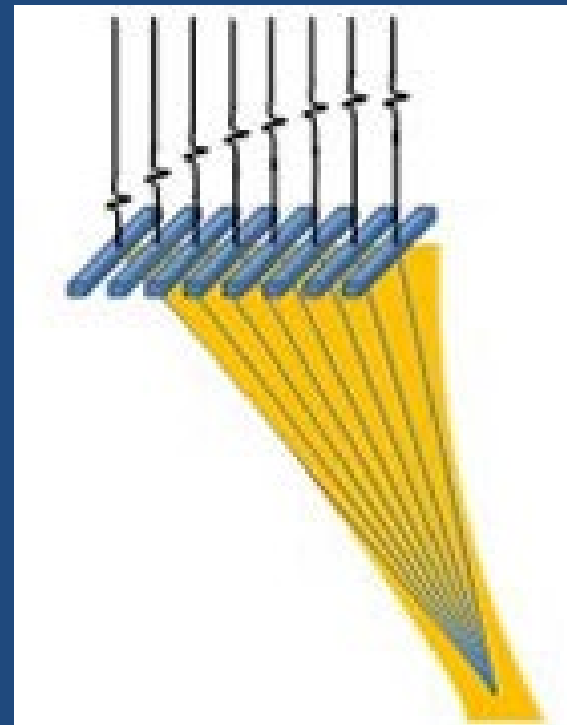
Tidsfördröjningar mellan elementen kan användas för :

1) Beamforming



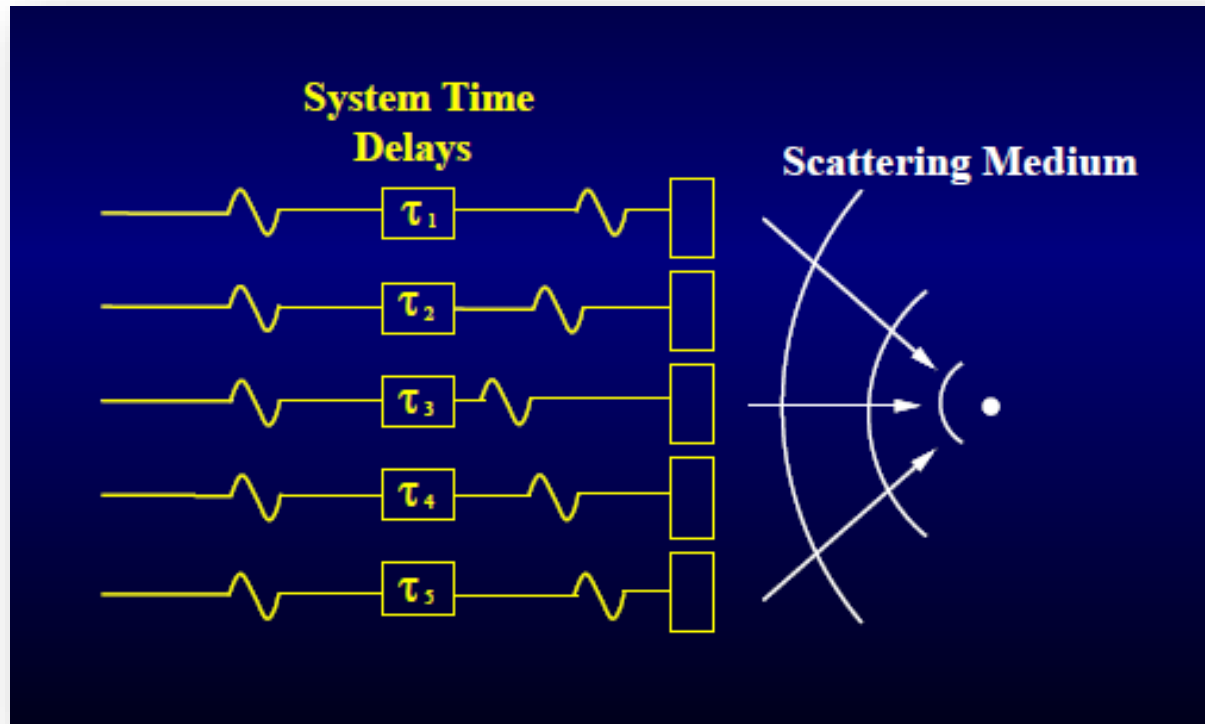
– bilda en fokuserad stråle på ett visst djup

2) Beamsteering

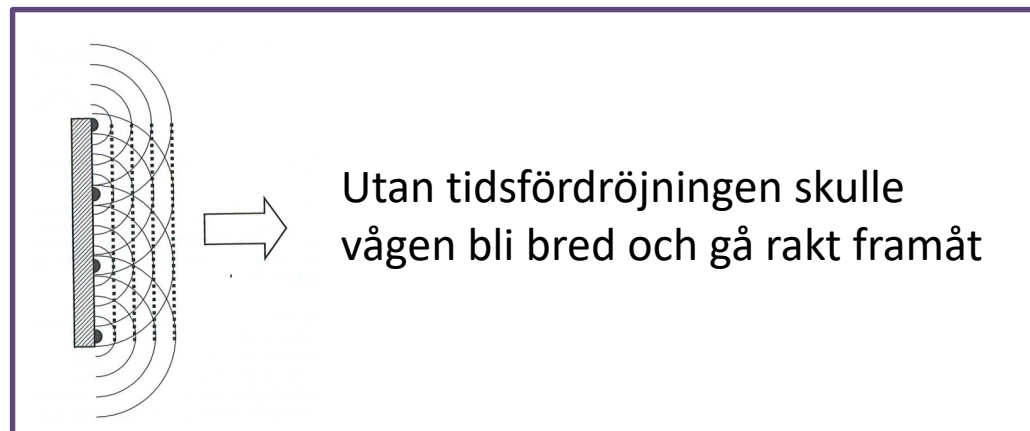


– styra strålen i en viss riktning

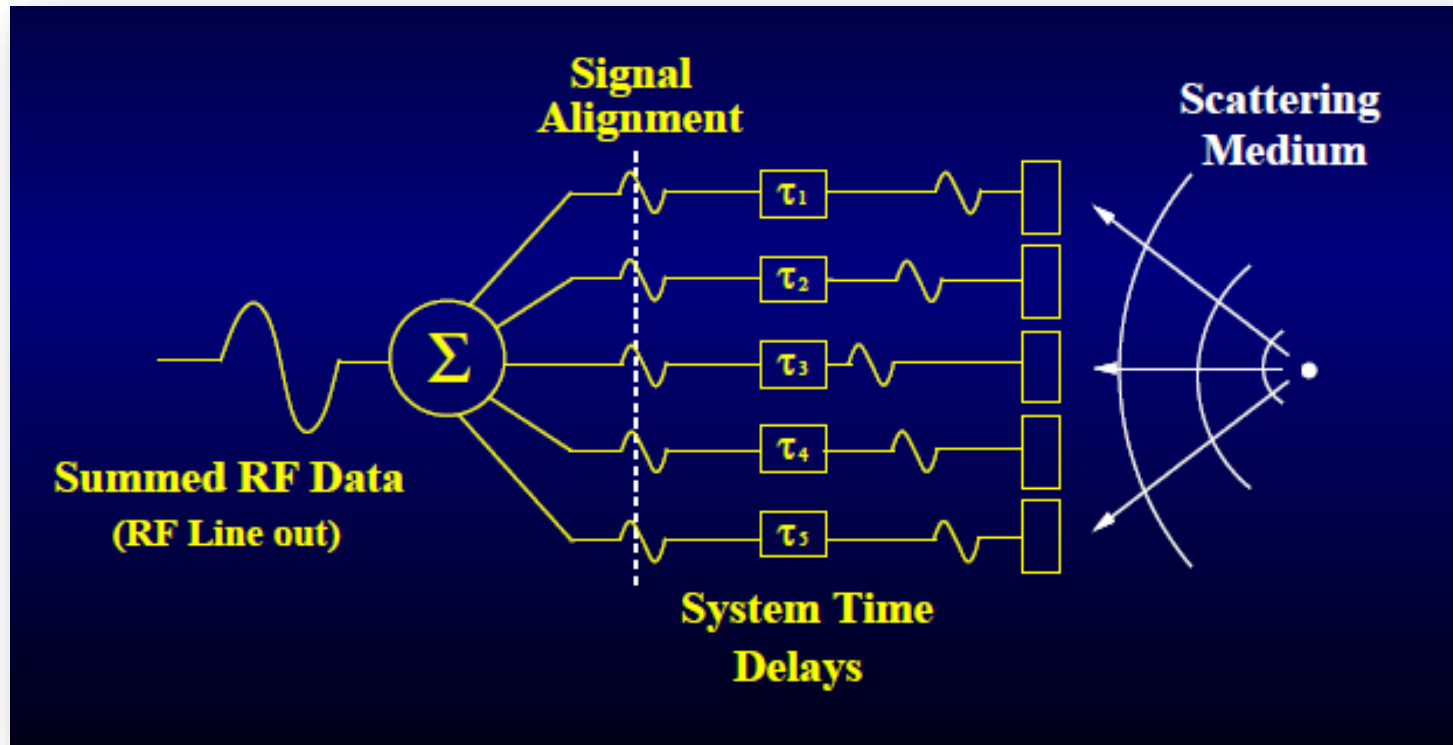
Beamforming - Sändning



Beamforming - Sändning



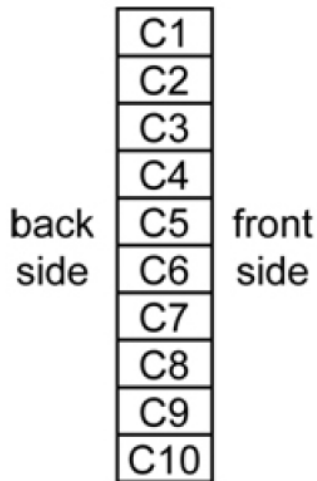
Beamforming - Detektering



Fråga 3:

I vilken punkt kommer ultraljudspulsen att fokuseras om kristallerna exciteras enligt mönstret nedan?

$[C10] - t - [C9] - t/2 - [C8] - t/4 - [C7] - t/8 - [C1] - t/16 - [C6] - t/32 - [C2] - t/64 -$
 $[C5] - t/128 - [C3] - t/256 - [C4]$ $t = 5 \text{ ms}$



A

B

A) Punkt A

B) Mittemellan A & B

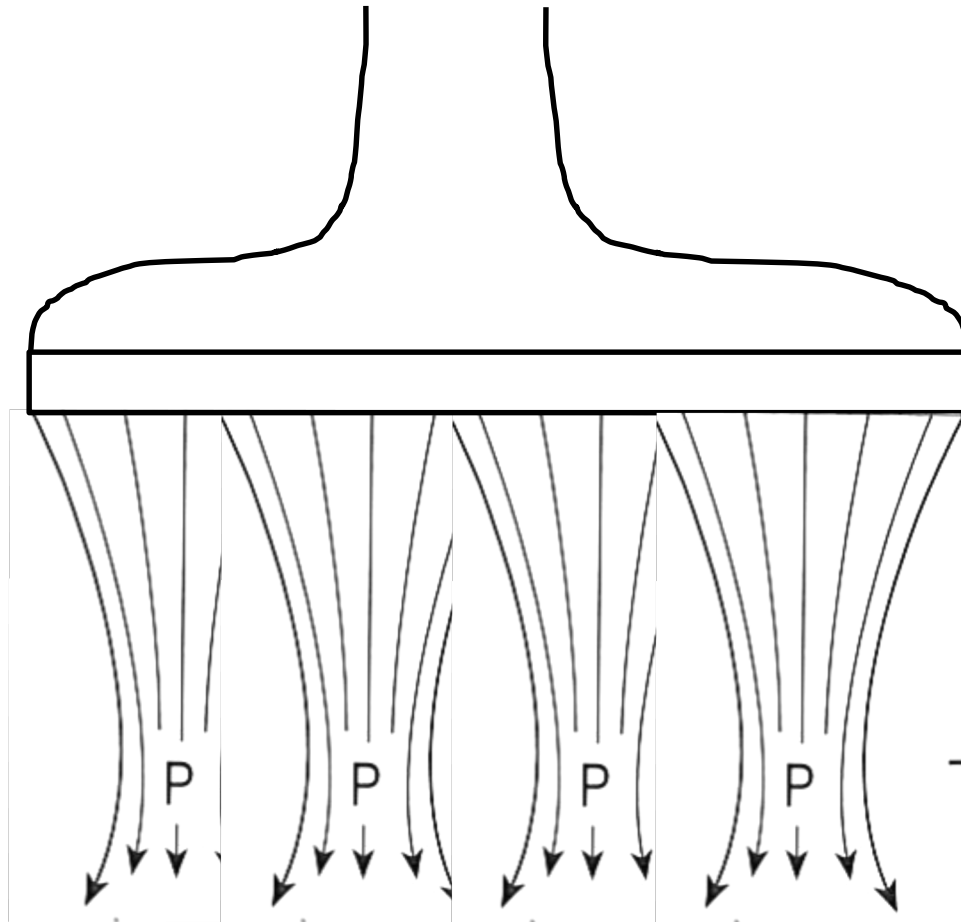
C) Punkt B

**Hur fungerar olika transducertyper,
vad används de till
och varför?**

Linjär transducer

- Många element på rad (ex. 128)





- Gruppvis aktivering av element
- Elektronisk fokusering

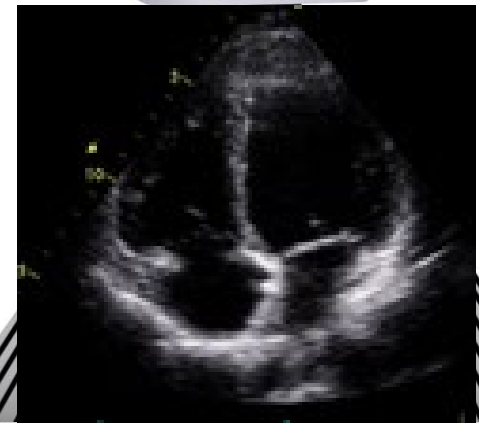
Kurvlinjär transducer

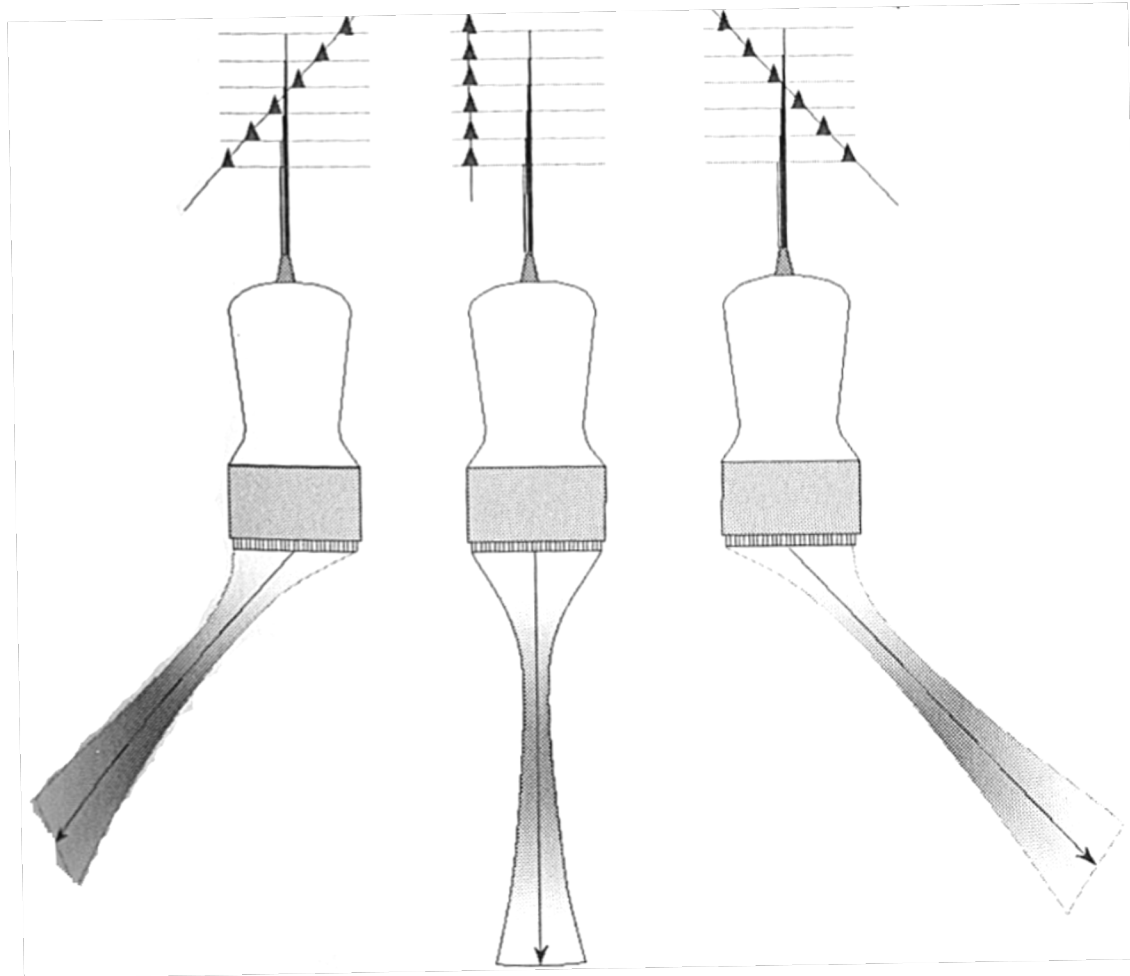
- Som linjär men kurvformad front



Phased array

- Färre element än linjär - smalare transducer





- Aktivering av alla element
- Elektronisk fokusering och styrning av strålen

Attenuering

- Gradvis minskning i intensitet när vågor propagerar i ett medium
- Bestäms av hur ljudet **absorberas, reflekteras** och **sprids** i ett medium

Lång propageringssträcka  hög attenuering

Frekvens (MHz)	Attenueringskoeff för mjukvävnad (dB/cm)	Intensitets- minskning /cm (%)
2	1	21
5	2.5	44
10	5	68

hög frekvens  hög attenuering

- För medicinsk avbildning används frekvenser mellan ca 1MHz – 40 MHz

Fosterdiagnostik

3.5 MHz-7 MHz

Bilddjup: 5-20 cm

Kurvlinjär transducer

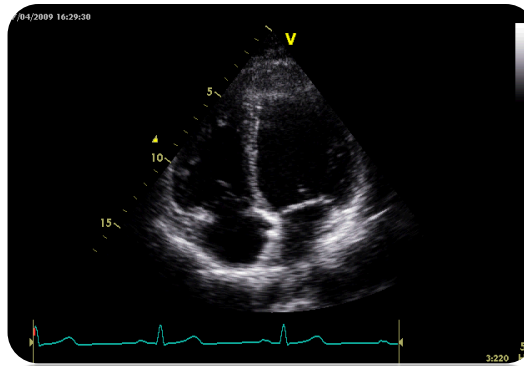


Hjärta

2MHz- 8 MHz

Bilddjup: 10-20 cm

Phased array

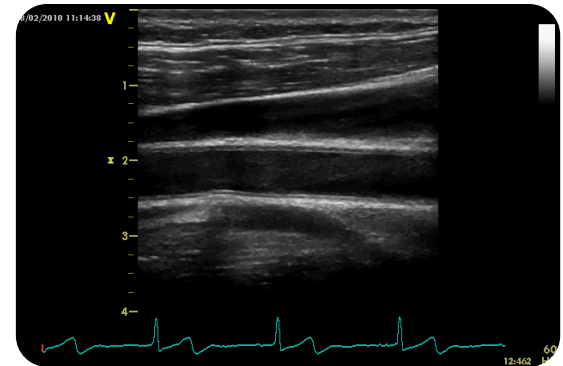


Kärl

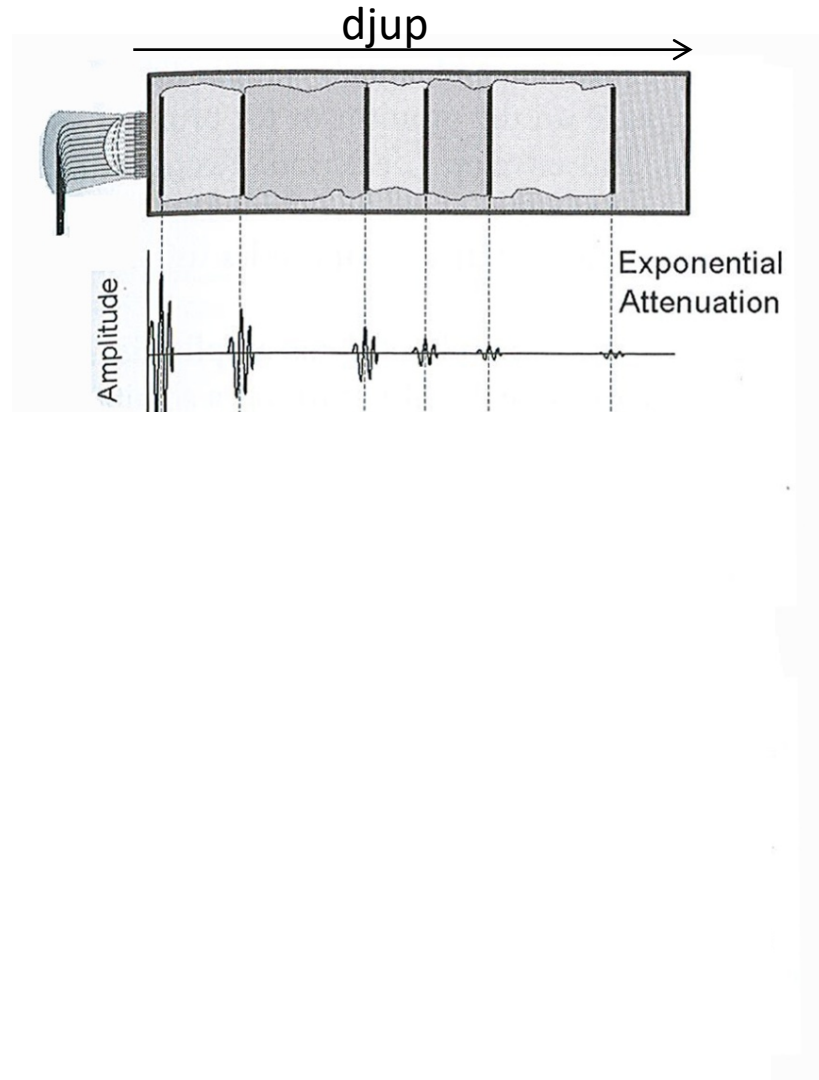
8MHz -15MHz

Bilddjup: 3 cm

Linjär transducer



Time-Gain Compensation



Attenuering → Ekon från strukturer på stort djup blir svagare

TGC används för att **kompensera för attenueringen**

TGC = Förstärka signaler som kommer från djupa strukturer i kroppen mer än signaler som kommer från ytligare strukturer

Kursens lärandemål

3. Redogöra för modaliteternas bildkvalitet

Vad är bildkvalitet?

Kontrastupplösning

- Förmåga att återge kontrastskillnader

Spatiell upplösning (Rumslig upplösning)

- Förmåga att upplösa små strukturer i bilden

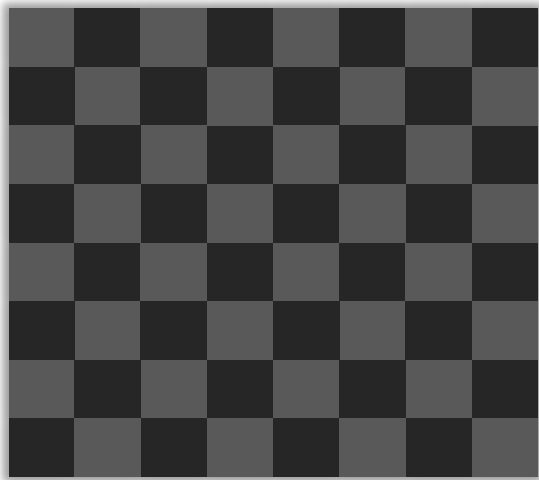
Temporal upplösning (Bilduppdateringsfrekvens)

- Antal bilder per sekund
- Förmåga att urskilja snabba tidsförlopp

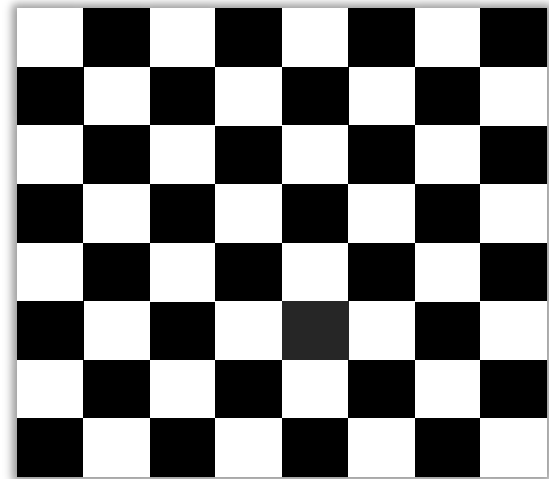
Kontrastupplösning

- Anger ett systems förmåga att återge objektkontrasten
- Ultraljud har bra kontrastupplösning av t.ex. mjukdelar

skillnad i gråskale-
intensitet mellan
olika objekt,
exempelvis vävnad
och blod



Schackbräde med LÅG kontrastupplösning



Schackbräde med HÖG kontrastupplösning

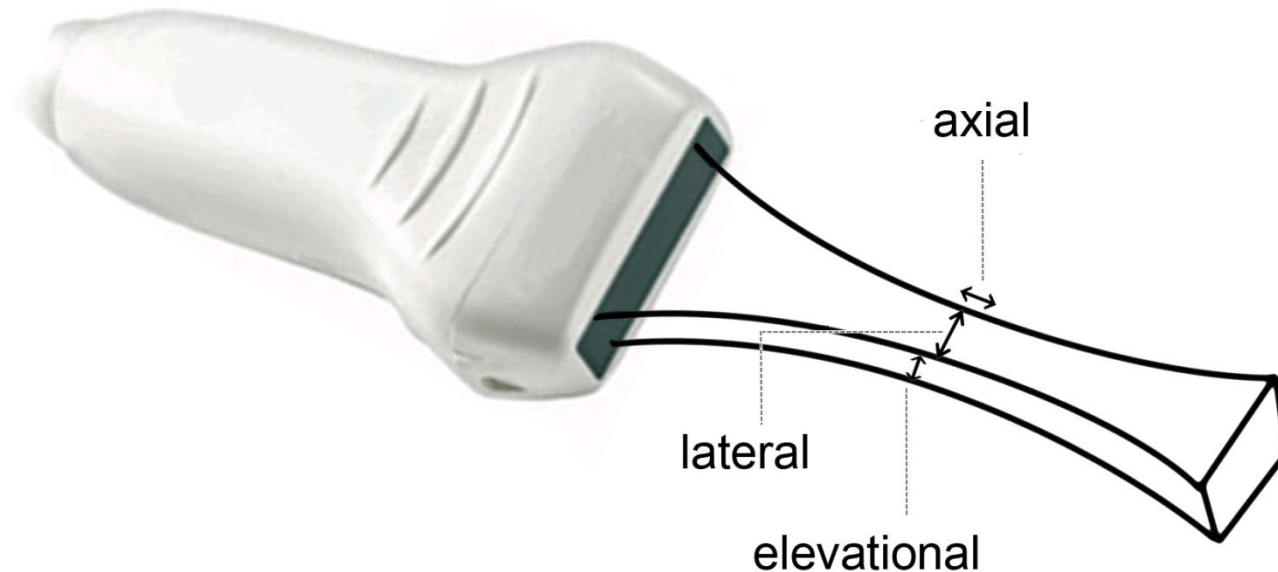
Spatiell upplösning

- Förmåga att upplösa små strukturer i bilden



spatiell upplösning

Spatiell upplösning



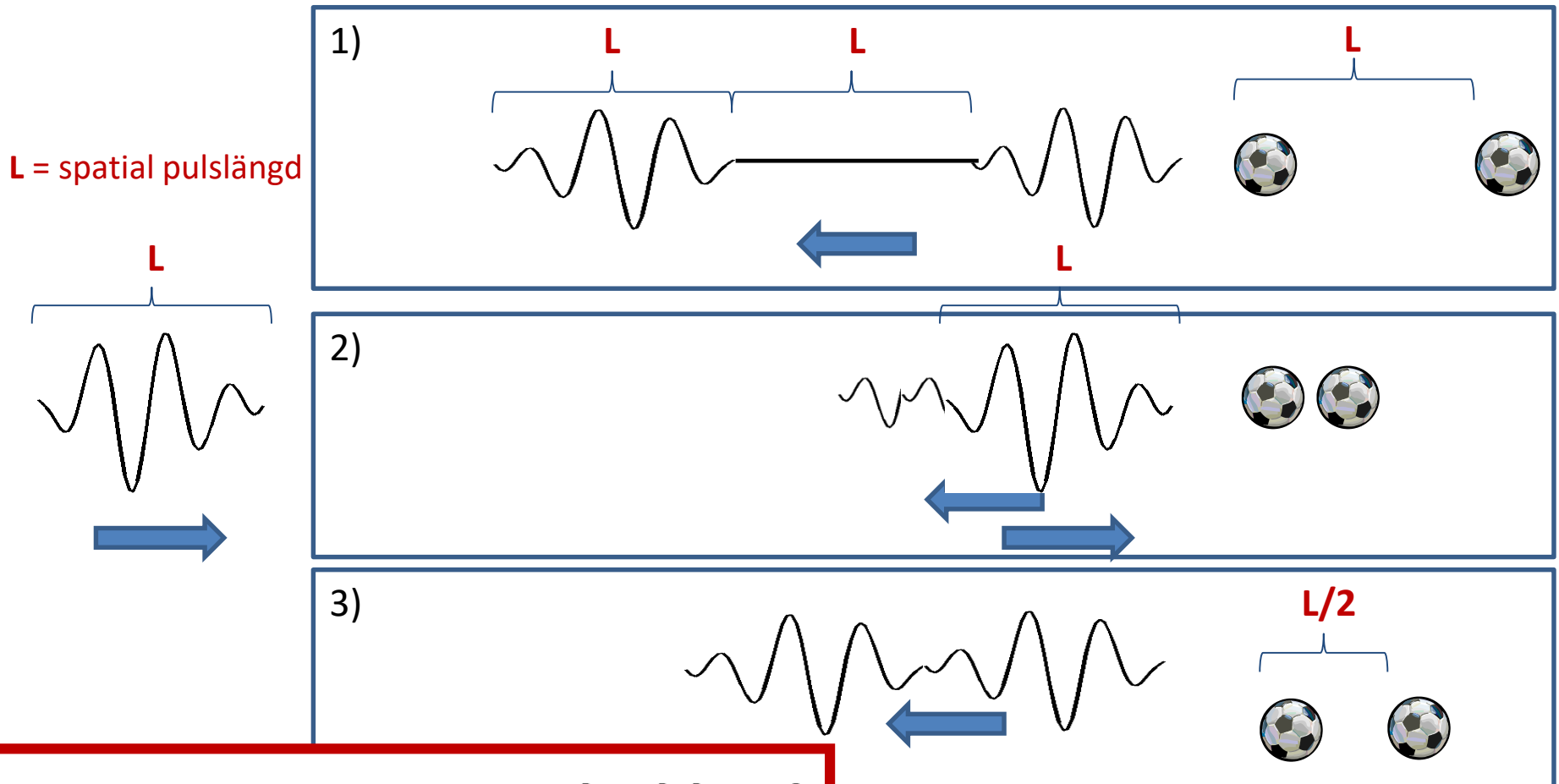
Axial upplösning - längs strålen

Lateral upplösning - vinkelrät mot strålen

Elevationsupplösning - i bildens djup

Axiell upplösning

- Förmåga att separera två gränsskikt längs en scanlinje → **pulslängdsberoende**



$$\text{Axiell upplösning} = \frac{\text{spatial pulslängd}}{2}$$

$$\text{Axiell upplösning} = \frac{\text{spatial pulslängd}}{2}$$



Vad beror pulslängden av?

- Våglängd (frekvens)
- Dämpning

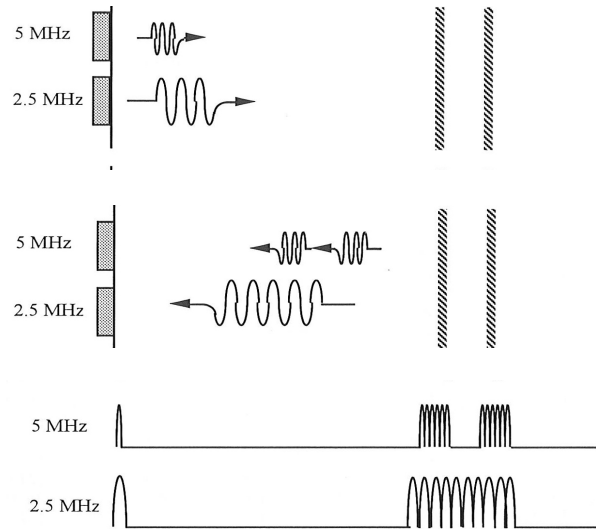
$$\text{Spatial pulslängd (mm)} = \boxed{n} \times \boxed{\lambda}$$

$n = \text{antal cykler}, \lambda = \text{våglängd}$

Vad beror pulslängden av?

Axiell upplösning

- **Frekvensen på det utsända ljudet**



Högre frekvens → högre axial upplösning

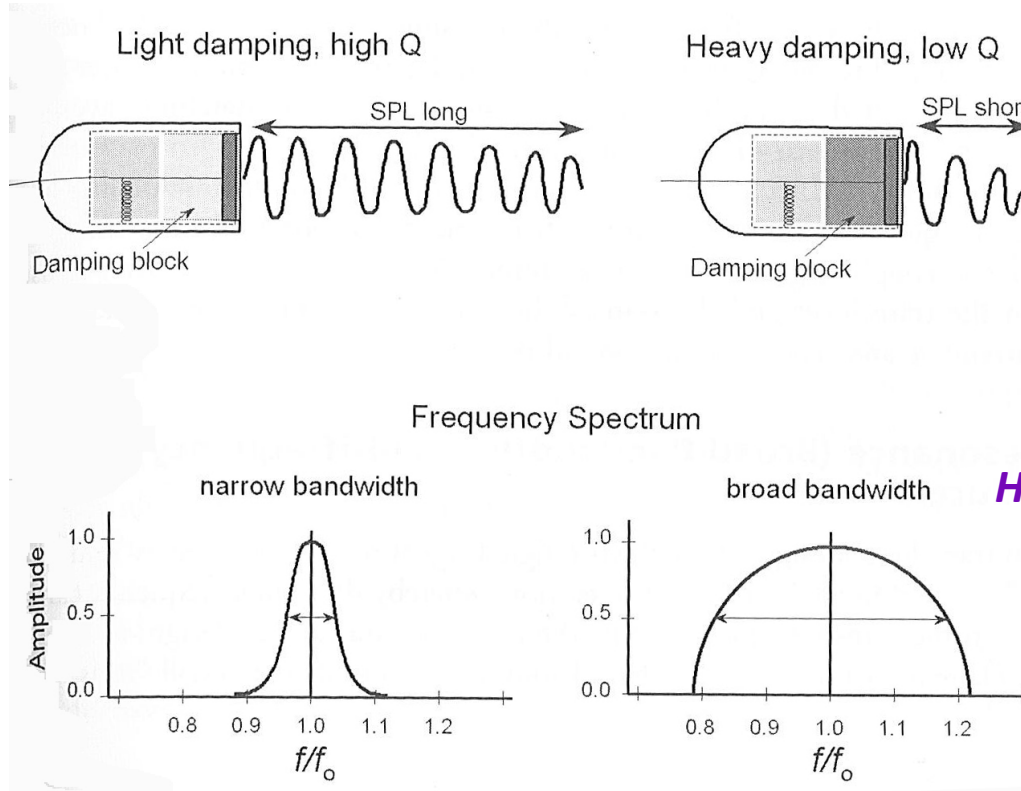
$$\text{Spatial pulslängd (mm)} = n \times \lambda$$

Hög frekvens → Liten våglängd (λ)

Vad beror pulslängden av?

Axiell upplösning

- Hur ljudet som skickas ut dämpas



$$Q = \frac{f_0}{\text{Bandwidth}}$$

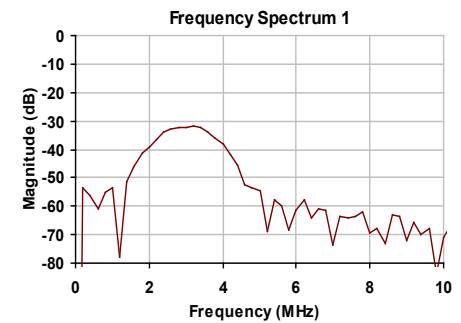
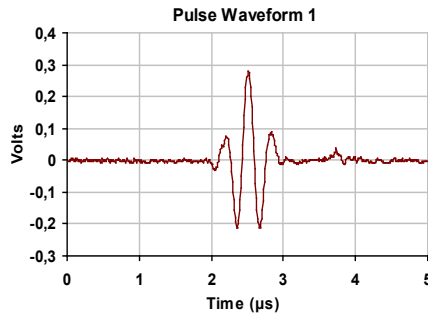
Hög dämpning ger få antal cykler (n)

$$\text{Spatial pulslängd (mm)} = n \times \lambda$$

Axiell upplösning och dämpning

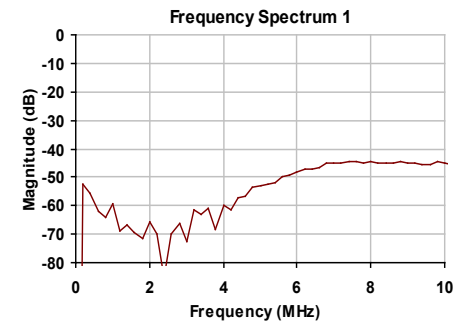
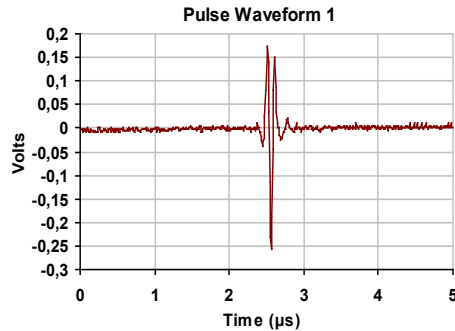
- Den bästa dämpningen som existerar i moderna transducrar resulterar i ca 3 cykler ($n=3$)

3MHz



VS.

8MHz



Båda pulserna innehåller 3 cykler

Pga. frekvenskillnaden kommer pulsen från 8MHz-transducerna att bli kortare i tiden $\rightarrow$ bättre axiell upplösning

$\rightarrow$ Eftersom skarpare förändringar i kurvan kräver större frekvensinnehåll kommer dess spektrum att bli bredare

Fråga 4: Två ultraljudsbilder tas på samma objekt med olika inställningar. De inställningar som inte anges antas vara samma för de två bilderna.

Vilken bild (A eller B) har bäst **axiell 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

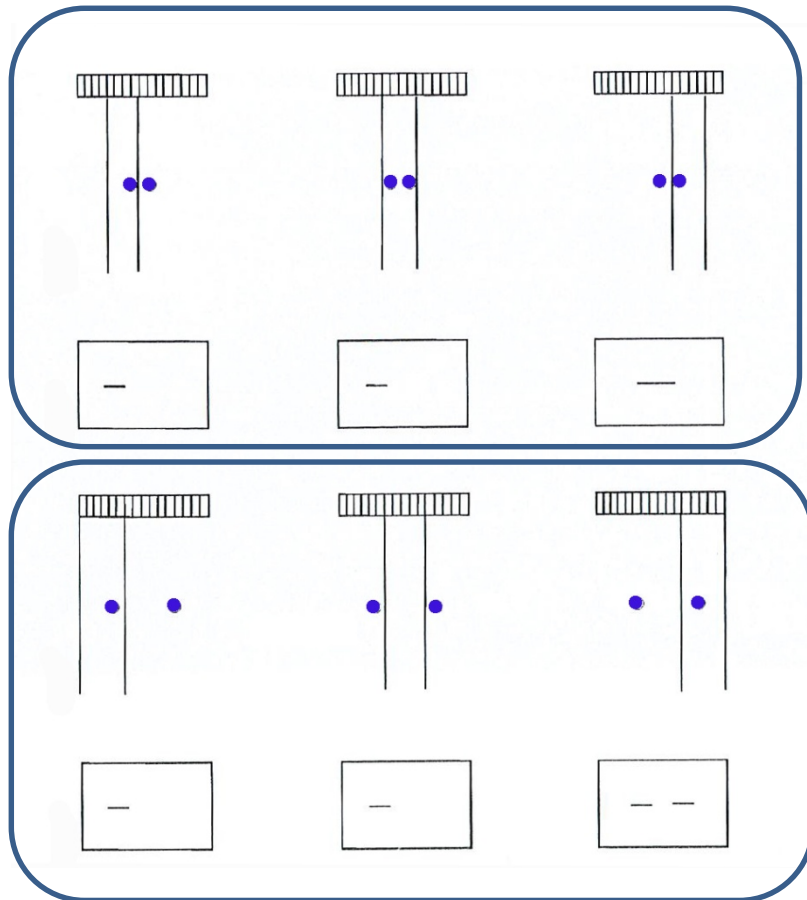
1) A

2) B

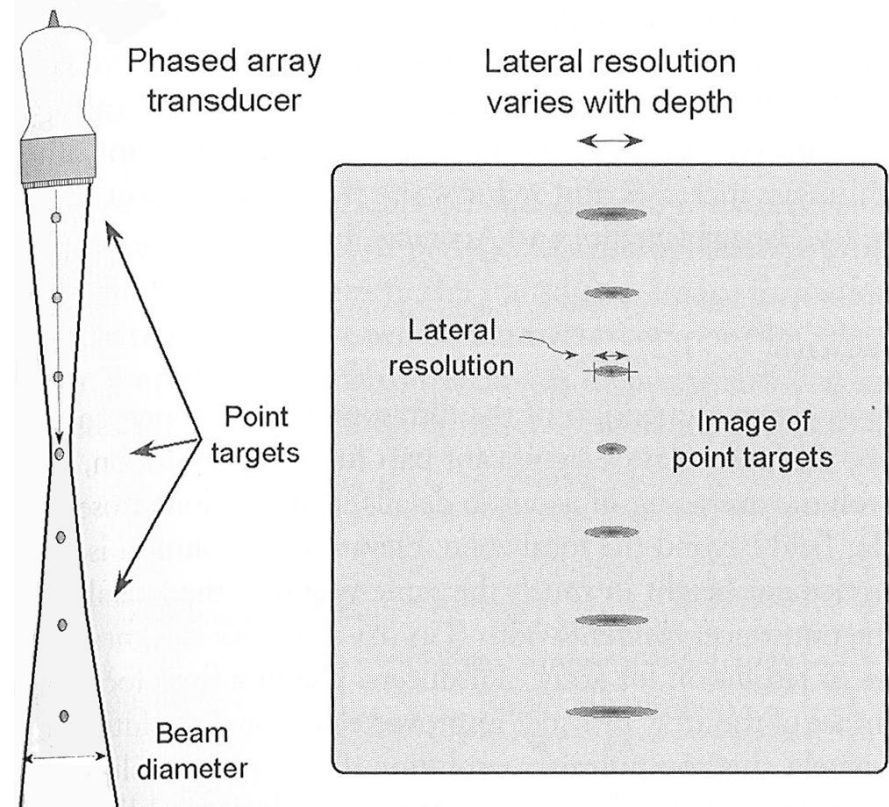
3) Ingen skillnad

Lateral upplösning

- Förmåga att separera två strukturer bredvid varandra på samma djup
- Strålens bredd i lateral riktning
- Antal strålar per centimeter

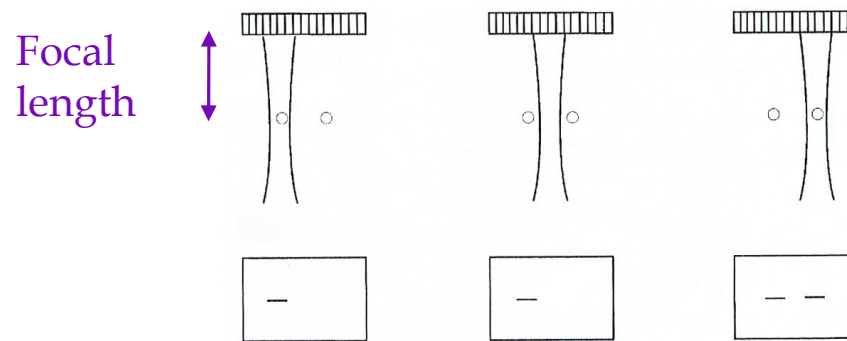


Lateral upplösning varierar längs den fokuserade strålen

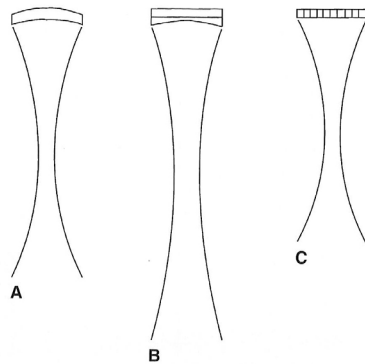


Fokusering

Fokuserad stråle ger högre lateral upplösning inom en fokal region



Olika sätt att fokusera ljudet



- A) Kurvformade transducerelement
- B) Akustisk lins - refraction
- C) Tidsfördröjning

Fråga 5: Vilken bild (A eller B) har bäst **lateral 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

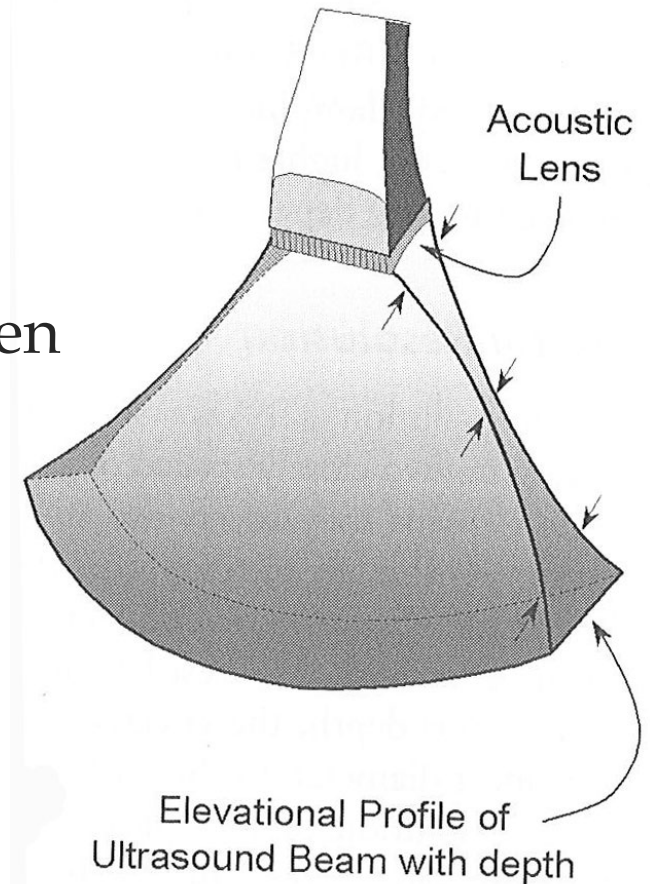
1) A

2) B

3) Ingen skillnad

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 6: 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

Vad bör man ha lärt sig idag?

Hur skapas en ultraljudsbild?

Sändning – interaktion – detektering – signalbehandling

Vad är bildkvalitet och hur kan den förbättras?

- tidsupplösning – spatial upplösning – tekniker för att förbättra upplösningen