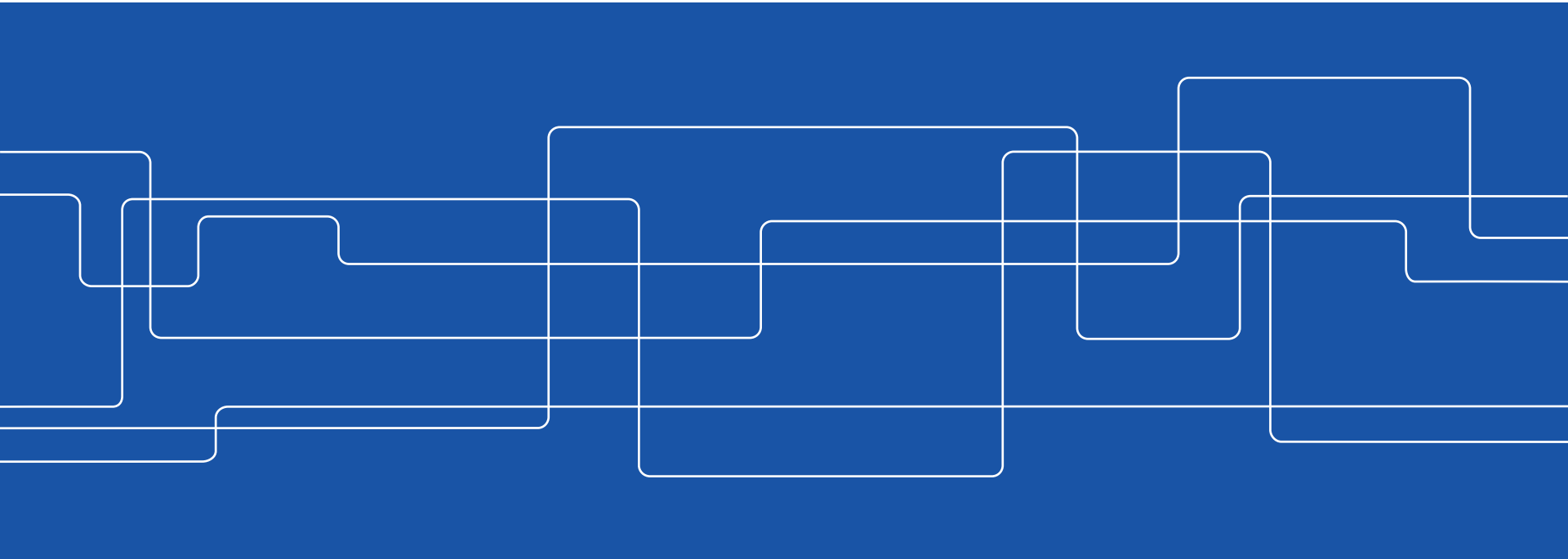




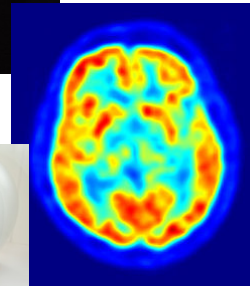
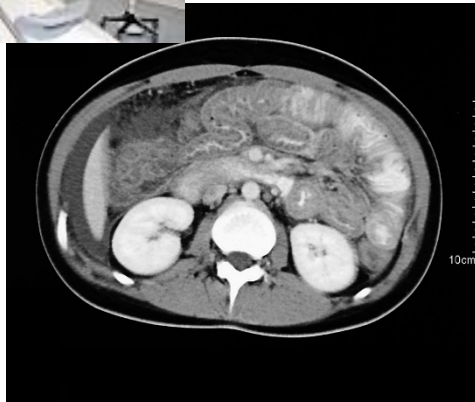
Bildkvalitet

Matilda Larsson

Medicinska bildgivande system



Varför är bra bildkvalitet viktigt?



För att medicinsk personal på ett tillförlitligt sätt ska kunna

- **diagnostisera**
- **bestämma behandlingsmetod**
- **monitorera behandling**



Lärandemål 3

- Redogöra för modaliteternas bildkvalitet

E-nivå

C-nivå

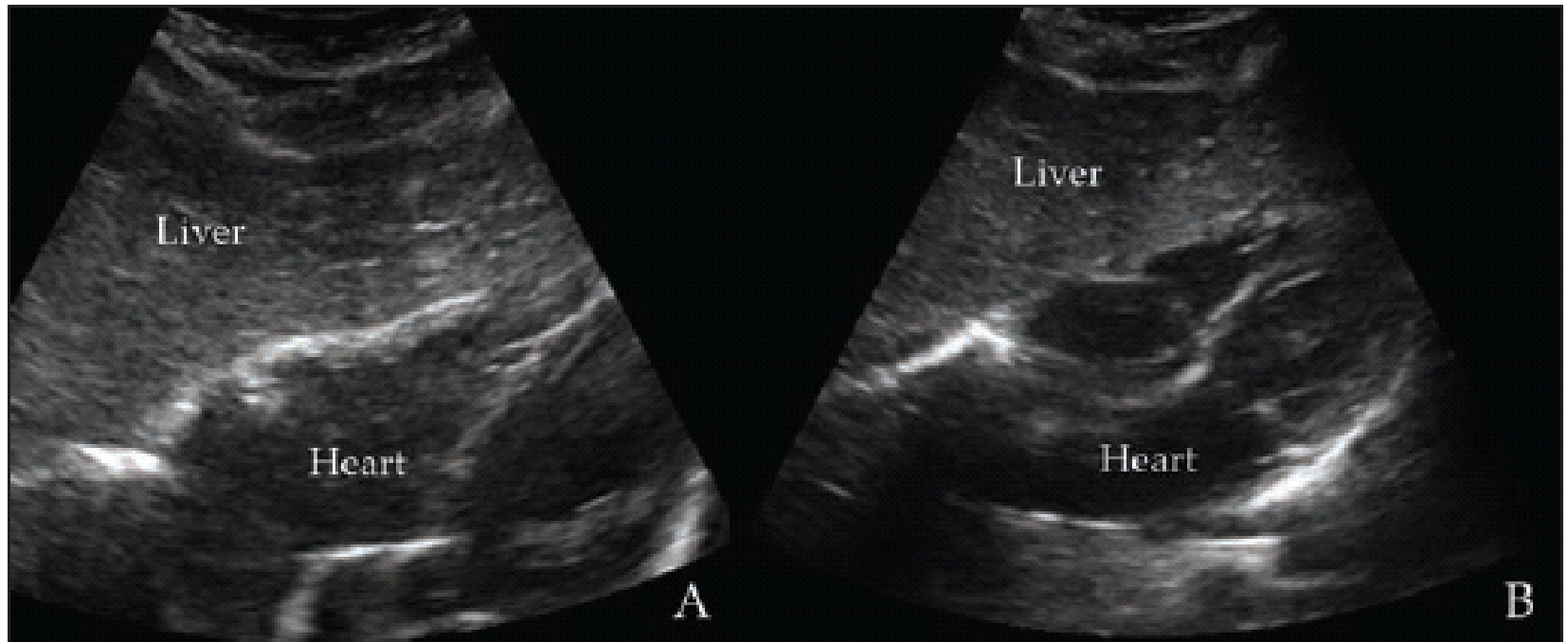
A-nivå

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

Exempel - bildkvalitet





Vad är bildkvalitet?

- Beroende av modalitet och klinisk applikation
- Några kvantitativa kvalitetsmått:
 - 1) Kontrast
 - 2) Spatial upplösning
 - 3) Temporal upplösning
 - 4) Brus
 - 5) Artefakter
 - 6) Distorsion

Kontrast

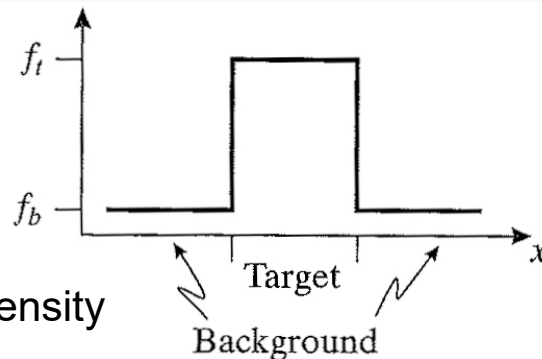
= Skillnad i bildintensitet mellan objekt och bakgrund eller mellan olika objekt i en bild

Beror på skillnader i egenskaper mellan olika delar av kroppen

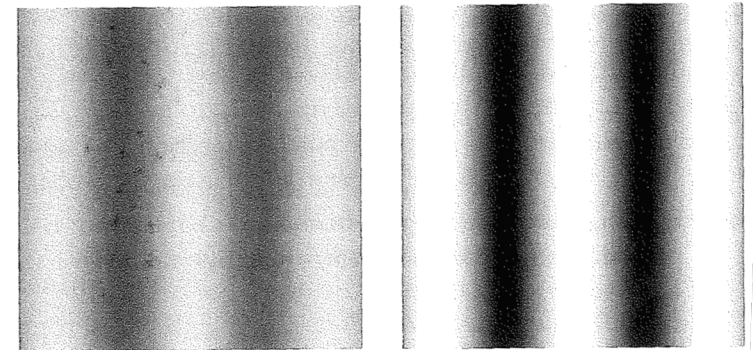
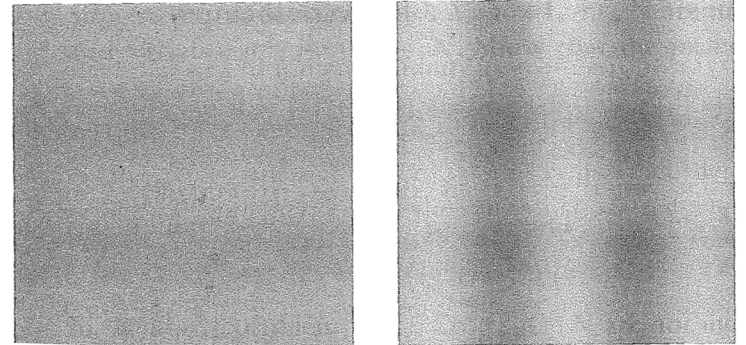
(exempel: densitet påverkar förmåga att attenuera röntgenstrålar)

$$C = \frac{f_t - f_b}{f_b}$$

f = image intensity

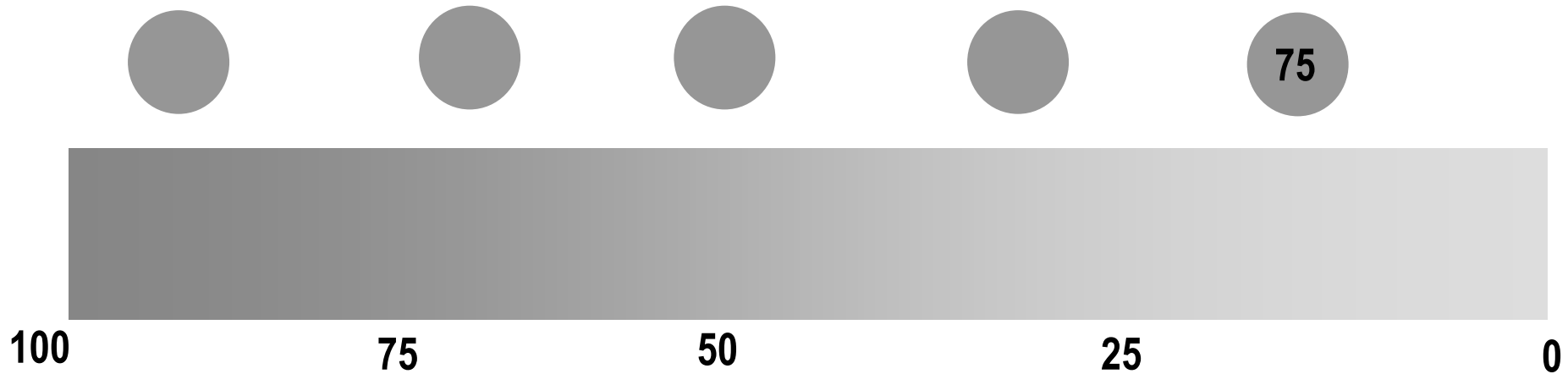


Låg kontrast



Hög kontrast

Kontrast

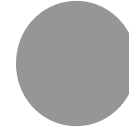
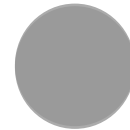
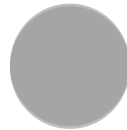
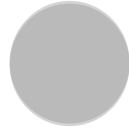
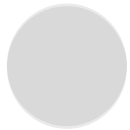


$$\text{Kontrast} = (\text{Objekt} - \text{Bakgrund}) / \text{Bakgrund}$$

Exempel: kontrast = (75 – 50)/50 = 0,5

Kontrast

– beroende av brusnivå



Inget brus



Hög brusnivå



Vilken bild har bäst kontrast?



A



B



C

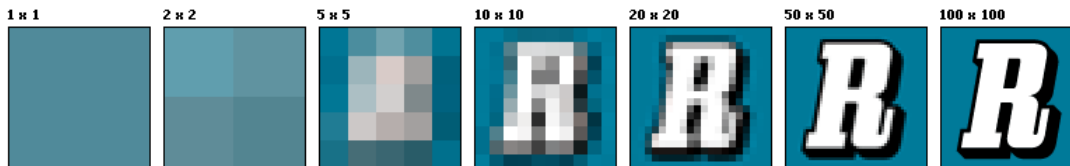
Spatial upplösning

- Rumsupplösning – detaljriktighet

= förmåga att kunna särskilja två objekt
spatialt i bilden

Hög upplösning = hög detaljriktighet = låg siffra

*Men observera: upplösning på 0,2 mm är lägre
än 0,1 mm, dvs mindre objekt kan särskiljas med
upplösning = 0,1 mm*

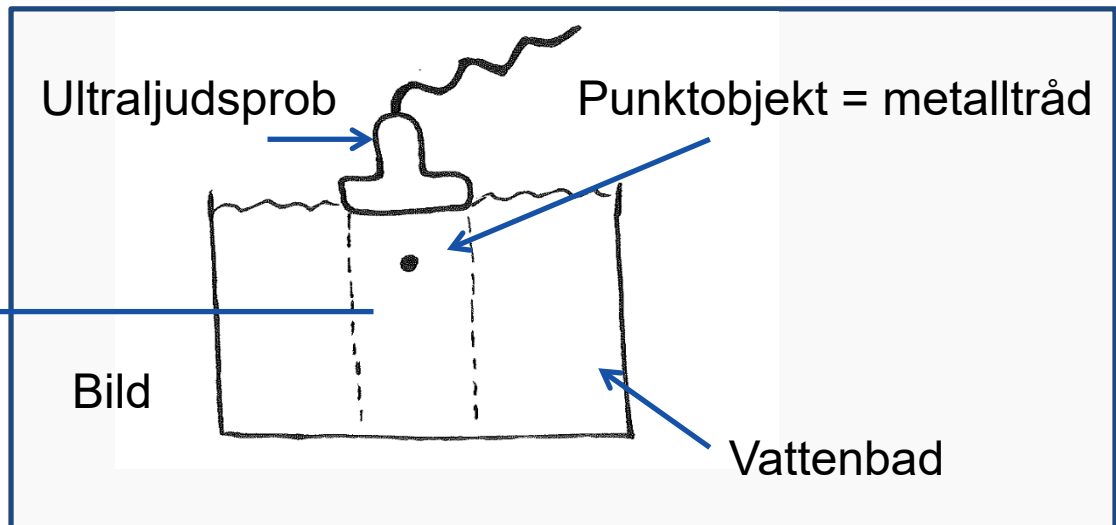
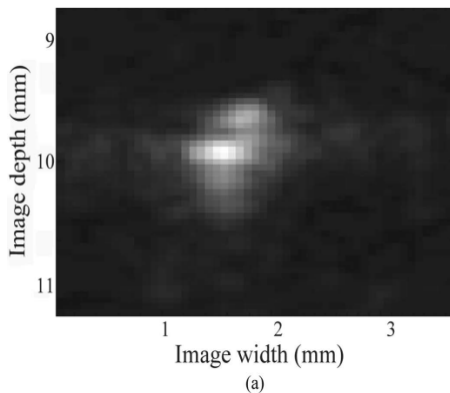


Spatial upplösning - Point spread function

- Spatial upplösning kan beskrivas som grad av "blurring"

Point spread function (PSF) beskriver hur ett avbildningssystem avbildar en punktkälla eller ett punktojekt

EXEMPEL - ULTRALJUD



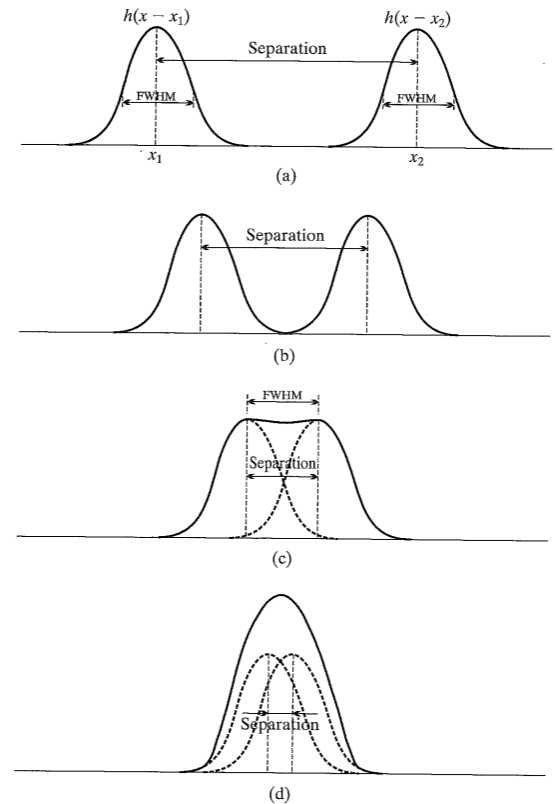
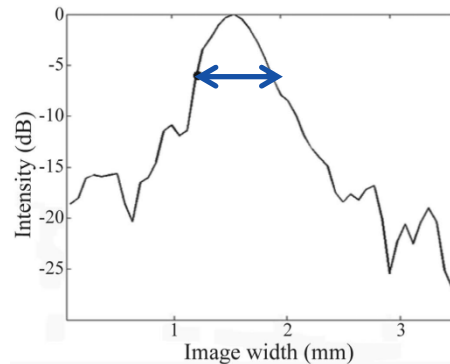
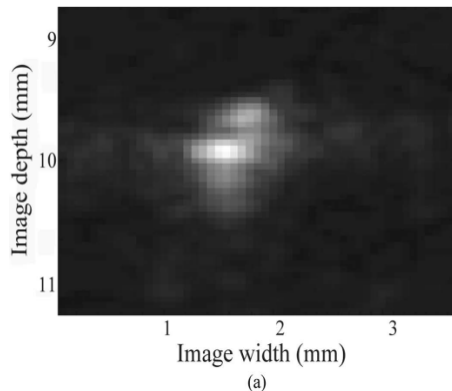
Spatial upplösning – Full-width at half maximum

Hur kan man avgöra spatial upplösning från PSF?

Full-width at half maximum (FWHM)

= bredd vid halva maximala intensiteten

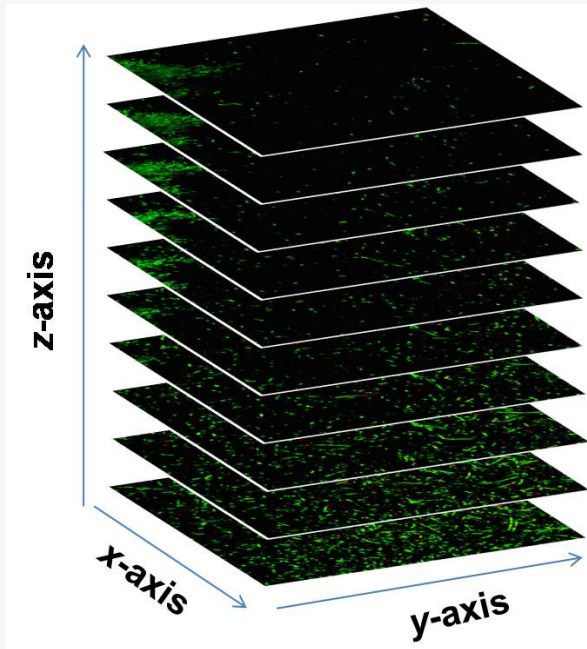
→ Minsta avståndet mellan två punkter för att båda punkterna ska se ut som två separata punkter i bilden



OBS ! Minskad FWHM ger ökad upplösning

Spatial upplösning

Ett alternativ till PSF är LSF (line spread function)

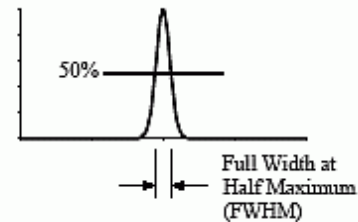
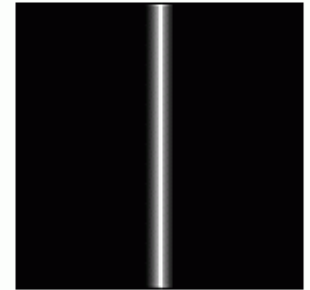


OBS! Spatial upplösning kan vara olika i olika dimensioner av bilden

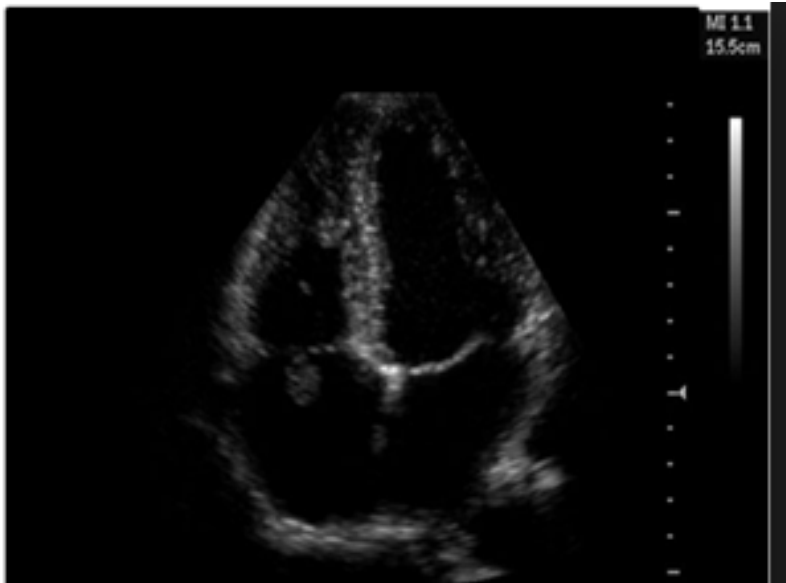
Ex: I en 3D-bild uppbyggd av många "slices" är det ofta låg spatial upplösning i z-led

Kan även vara skillnad på spatial upplösning i x- och y-led i ett plan

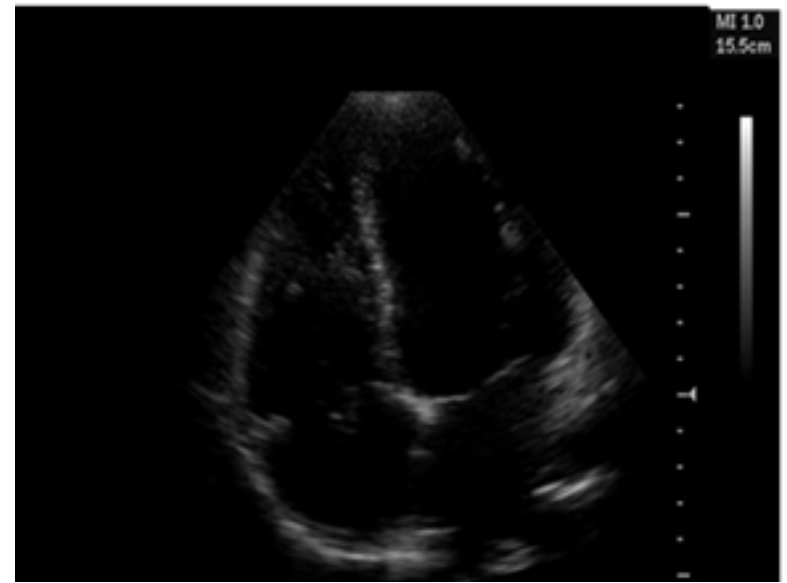
a. Line Spread Function (LSF)



Vilken bild har bäst spatial upplösning?



A

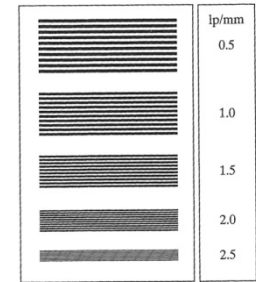
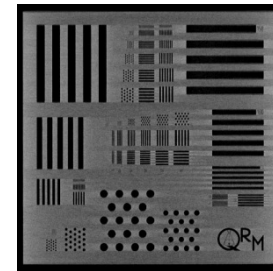
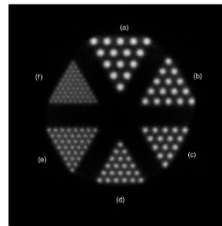


B

Hur kan kontrast och spatial upplösning mätas?

Transmissionsavbildning

- Bar phantom – olika linjedensiteter – spatial upplösning (line pairs /mm)
- Cylindrar med olika densitet - kontrast

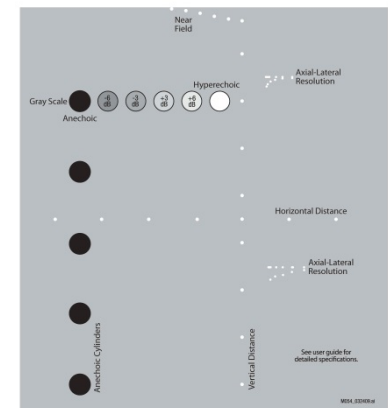


Emissionsavbildning

- Cylindrar med olika aktivitet

Ultraljudsavbildning

- Test phantom
- objekt med olika avstånd (spatial upplösning)
- objekt med olika akustiska egenskaper (kontrast)





Temporal upplösning

- Temporal upplösning är förmåga att urskilja två händelser i tiden

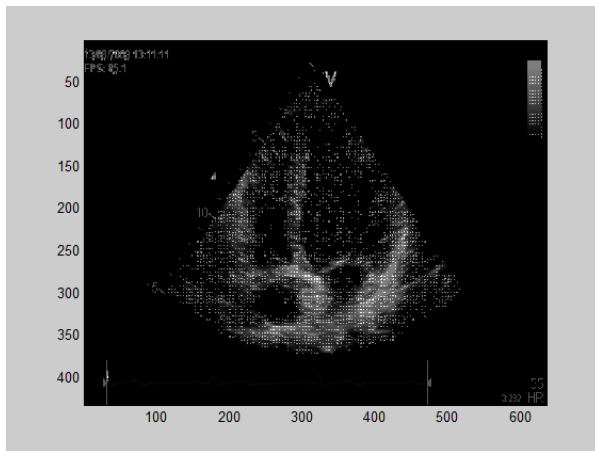
frame rate = antal bilder per sekund – Anges ofta i Hz

- Hög temporal upplösning = många bilder per sekund
- Med hög temporal upplösning kan man avbilda snabba händelser (dvs, händelser med högt frekvensinnehåll)

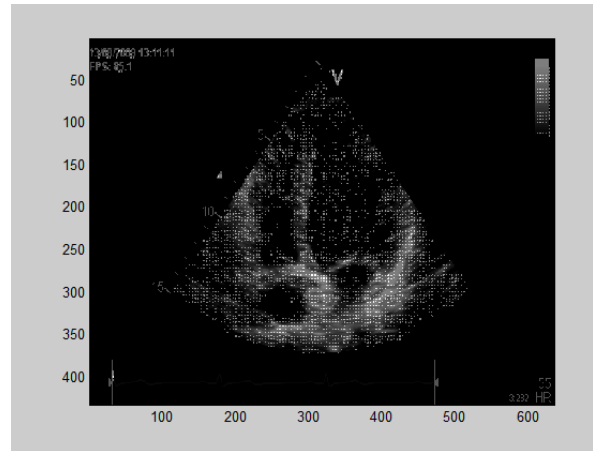
Temporal upplösning

- Tre filmer med olika temporal upplösning som visar hur hjärtat slår under tre hjärtslag

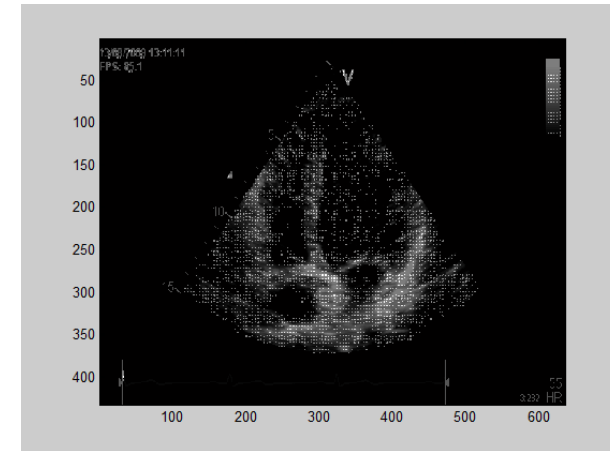
Temporal upplösning ökar →



5 bilder/s (Hz)



10 bilder/s (Hz)



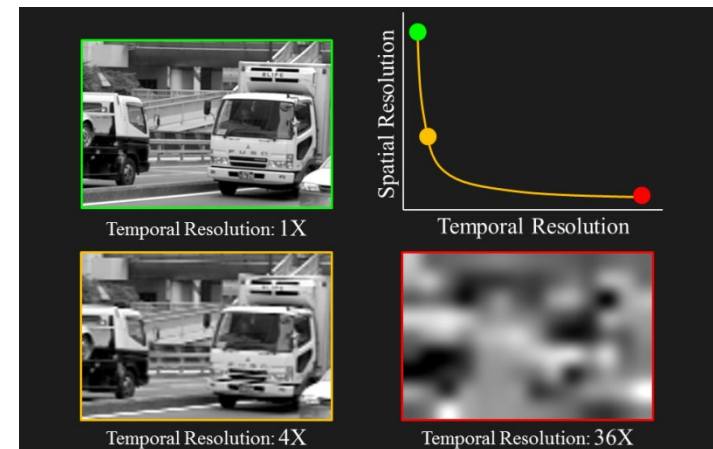
85 bilder/s (Hz)

Temporal upplösning

När är det viktigt med en hög temporal upplösning
- vid avbildning av anatomi eller funktion?

Ofta "trade-off" mellan temporal och spatial upplösning

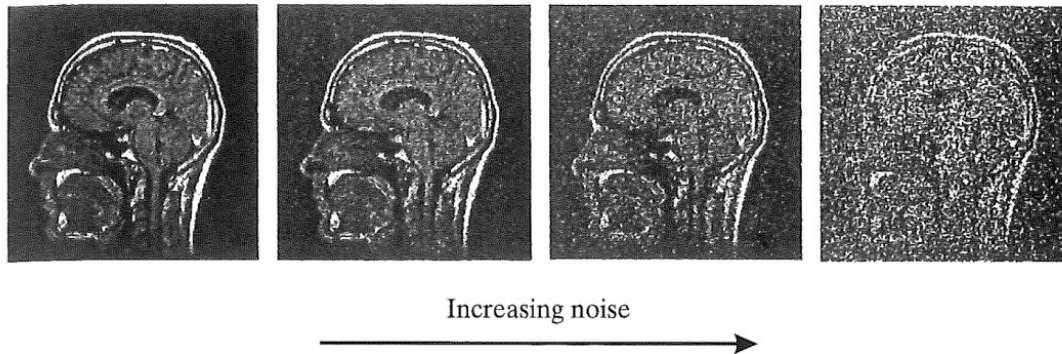
ECG-gating vanligt i bl.a. MR
= lägger ihop bilder från flera hjärtslag



Brus

- Önskad slumpmässig signal
- Uppfattas som en störning i bilden
- Brus påverkar bildkvaliteten negativt

Uppstår på olika sätt i olika bildgivande modaliteter
Ofta pga. elektroniskt brus





Signal-brusförhållande

Signal-to-noise ratio (SNR)

Förhållandet mellan signaleffekt och bruseffekt

Högt SNR = lite brus

$$SNR = \left(\frac{A_{signal}}{A_{brus}} \right)^2$$

Exempel: Mäta SNR i ett ultraljudssystem:

samlar in signal utan att skicka ut någon signal = A_{brus}

samlar in signal från homogen fantom = A_{signal}



Artefakter

Fenomen som ger upphov till missvisande bilder

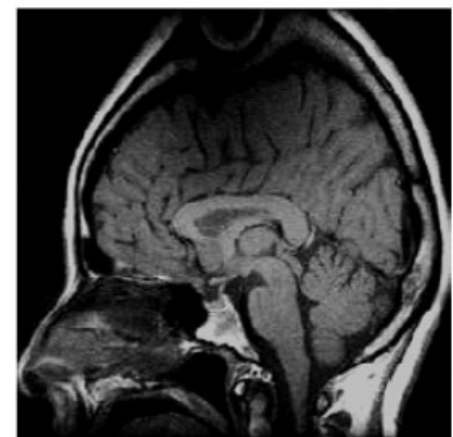
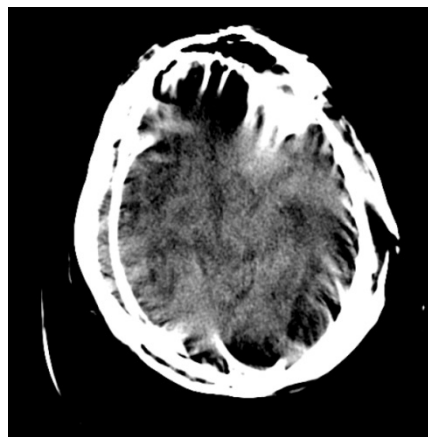
Ej slumpvis - (jmf brus)

Artefakter kan introduceras av exempelvis

- Att patienten rör sig
- Störande objekt
- Tekniska begränsningar

Artefakter

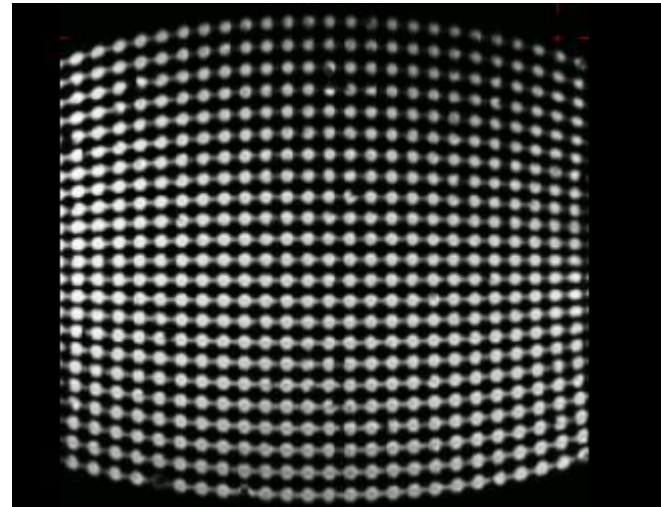
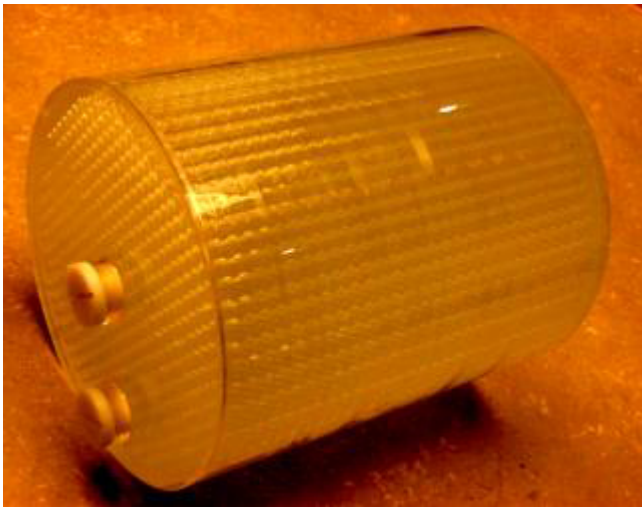
1. Att patienten har rört sig gav upphov till artefakt
2. Ett störande objekt gav upphov till artefakt
3. Tekniska begränsningar i maskinen gav upphov till artefakt



Distorsion

- Felaktig avbildning av form, storlek och position

Exempel: MRI-avbildning – magnetfält som inte är helt homogent ger upphov till geometrisk distorsion i bilden



Jämförelse – Bildkvalitet

	Ultraljud	MRI	CT	PET	SPECT
Spatial upplösning	50-500 μm	25-100 μm	25-200 μm	1-2 mm	0,5-1 mm
Temporal upplösning	Hög	Låg	Låg	Låg	Låg

- Avvägning – vad passar bäst i en specifik situation
- Vad vill man avbilda? Funktion/anatomi – mjukdelar/ben
- Risker?
- Kostnad?

Jämförelse – Bildgivande modaliteter

	X-RAYS	CT	ULTRASOUND	NUCLEAR	MRI
bone	the preferred technique, giving the best resolution	used for more complicated structures	poor – ultrasound will not penetrate bone	good for early diagnosis, (e.g. of stress fractures), and whole body bone cancer	gives weak MRI signal, so restricted use
brain and spinal cord	radiograph of limited use	good and preferred to MRI for bony spine details	poor – difficult to image through the skull without surgery	poor – improved quality with PET scans	excellent – the preferred option in most cases, giving good contrast
chest	radiograph gives adequate routine lung screening	CT preferred for better detail	poor – ultrasound cannot image past air spaces	very good for functional studies of both air and blood flow	little used – MRI not good for imaging air spaces
heart and circulation	needs contrast medium	limited use – recent advances with digital imaging techniques	excellent – the preferred technique in many cases. Velocities, (Doppler), as well as structure analysed	flow studies useful	good resolution capabilities and increasing in popularity
soft tissues (joints)	radiograph gives poor contrast	good and preferred to MRI for extra bone details	reasonable, although bone blocks ultrasound	resolution poor, but gives functional information	excellent – the preferred method for studying muscle, tendons, cartilage etc.
soft tissues (abdomen)	radiograph poor and needs contrast medium	useful for whole abdomen scan	excellent – by far the preferred choice in obstetrics, since safe and real-time imaging	useful functional study of liver, kidneys etc and growth of tumours	little used at present, but good resolution for specified areas
comfort and safety	radiograph gives small radiation dose	high dose	no known hazards	moderate dose due to administered radionuclides	pacemakers, implants etc. a hazard. Some claustrophobia
examination time	very fast	moderate	moderate	can be lengthy, waiting for tracer distribution	long
spatial resolution	0.1 mm	0.25 mm	1–5 mm	5–15 mm	0.3–1 mm
mobility	small portable machines available	none	portable machines widely used	none	very limited
capital cost	£50 k (low)	£500 k (quite high)	£10–150 k (moderate)	£100–400 k (quite high)	£1–2 million (very high)
cost per image	£50–300	£150	£50–100	£100–500	£200–400

Diagnostisk noggrannhet

- Bildkvalitet kan beskrivas kvantitativt men såklart:
Bildkvalitet måste bedömas för den specifika kliniska applikationen
- Vi vill kunna svara på:
 - Är patienten sjuk?
 - Hur ser prognosen ut?
 - Hur ska vi behandla?
 - Fungerar behandlingen?

Sensitivitet (känslighet) - sannolikheten för positivt testresultat när positivt resultat är det korrekta resultatet

- att vi hittar tumörer hos sjuka patienter

Specifitet (tillförlitlighet) - sannolikheten för negativt testresultat när negativt resultat är det korrekta resultatet

- att vi inte hittar tumörer hos friska patienter

Maximera sensitivitet och specifitet = hög diagnostisk noggrannhet



"Take home message" idag

✓ Förstå kvantitativa begrepp som beskriver bildkvalitet

- 1) Kontrastupplösning
- 2) Spatial upplösning
- 3) Temporal upplösning
- 4) Brus
- 5) Artefakter
- 6) Distorsion

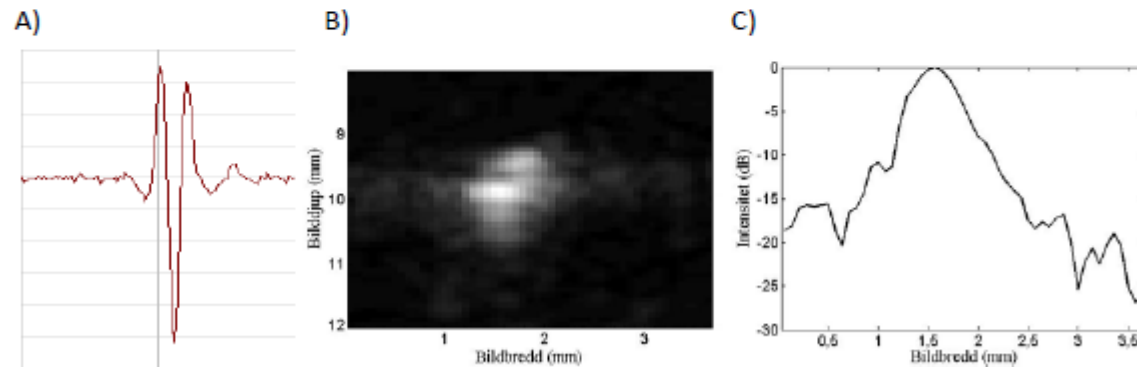
Att lära sig under kursens gång för varje modalitet

- Vad begränsar bildkvaliteten?
- Hur kan bildkvaliteten förbättras?

Tenta 2015

2. Ett ultraljudssystem med en linjär transducer (centerfrekvens: 12MHz) skickar ut pulser enligt bilden A. Bilden B är en point-spread-function (PSF) från detta ultraljudssystem. Bilden C visar bildintensiteten längs djupet 9,9 mm i bilden B med maximal intensitet = 0 dB. Antagande: ljudhastighet i kroppen = 1500 m/s.

- Uppskatta/beräkna systemets axiella och laterala upplösning? (4p)
- Hur blir den axiella upplösningen om pulsen hade bestått av 5 cykler. (1p)
- Hur skulle systemets PSF påverkas om transducerns "backing material" togs bort? (2p)
- Ange ett sätt att förbättra ett ultraljudsystems *lateral*a upplösning. (1p)
- Ange ett sätt att förbättra ett ultraljudsystems *temporal*a upplösning. (1p)





Omtenta 2015

- Välj två kvantitativa mått på bildkvalitet och förklara dessa (4p)