

# Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings universitet



Datum för tentamen	2016-10-28
Sal (2)	<u>R36</u> R37
Tid	8-12
Kurskod	TSBB31
Provkod	TEN1
Kursnamn/benämning Provnamn/benämning	Medicinska bilder Skriftlig tentamen
Institution	ISY
Antal uppgifter som ingår i tentamen	18
Jour/Kursansvarig Ange vem som besöker salen	Maria Magnusson, Maria.Magnusson@liu.se
Telefon under skrivtiden	177786, 281336, 073-804 38 67
Besöker salen ca klockan	9.00 och 10.50
Kursadministratör/kontaktperson (namn + tfnr + mailadress)	Carina Lindström, 284423 Carina.E.Lindstrom@liu.se
Tillåtna hjälpmedel	1) Miniräknare 2) Blank OH-film 3) Medskickad formelsamling 4) Physics Handbook Endast markeringar (under- och överstrykningar) är tillåtna. Även små sidflikar (med något enstaka tecken på) är tillåtna. 5) Transformteori sammanfattning formler & lexikon (blå färg) 6) Lexikon, engelska-svenska
Övrigt	
Antal exemplar i påsen	

# Anvisningar

Tentamen består av 6 delar om totalt 50p:

- Del 1: Grundläggande 2D signalbehandling (16p)
- Del 2: Röntgen och CT (9p)
- Del 3: Gamma-kamera, SPECT och PET (8p)
- Del 4: Viktiga mätvärden och dess beräkning (4p)
- Del 5: Ultraljud (5p)
- Del 6: MRI (8p)

Notera att Del 1-6 har mycket gemensamt. Ibland kan en fråga passa in på flera ställen.

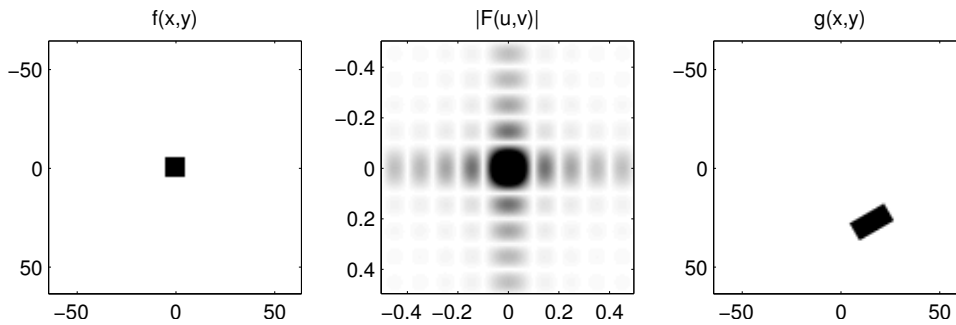
**Ibland går det bra att svara direkt i tentamen. Ibland får man svara på lösblad. Det går bra att svara på flera frågor på ett lösblad. Skriv dock bara på ena sidan.**

Betygsgränser:

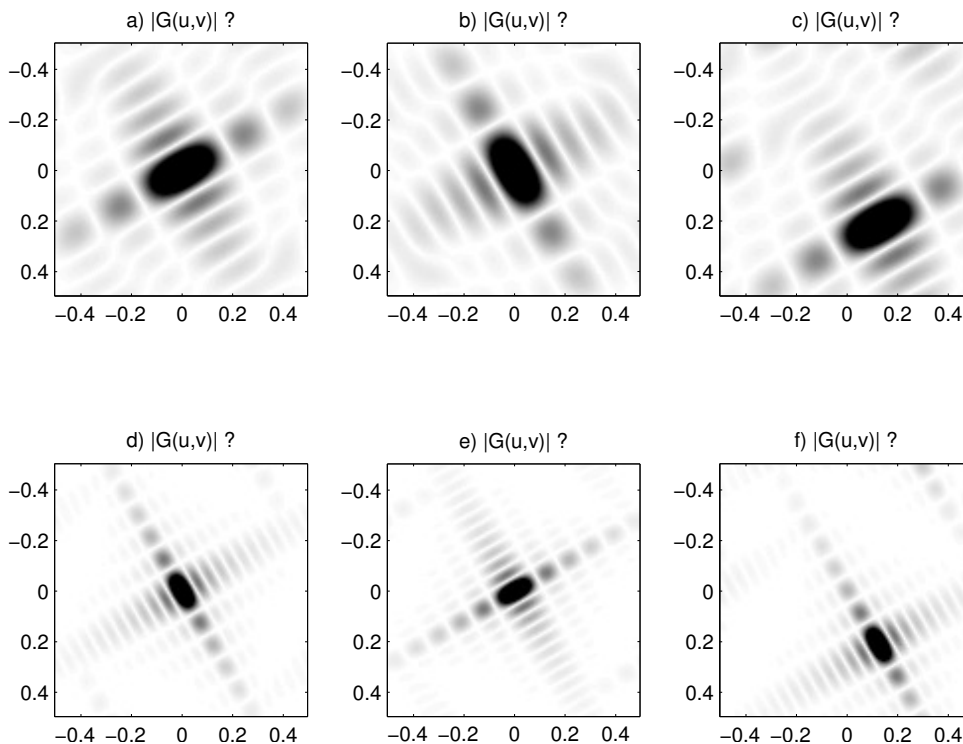
- 3:a 21-30p
- 4:a 31-40p
- 3:a 41-50p

## DEL 1: Grundläggande 2D signalbehandling

**Uppgift 1** (3p) Nedan visas en testbild  $f(x, y)$  och absolutvärdet av dess Fouriertransform  $|F(u, v)|$ . Dessutom visas en skalad, translaterad och roterad version av testbilden,  $g(x, y)$ . På grund av trycktekniska skäl gäller att mörka värden motsvarar höga värden och vita värden motsvarar 0.



Vad är absolutvärdet av fouriertransformen  $|G(u, v)|$ ? Välj en av bilderna a-f nedan, och motivera ditt val med en kort förklaring där orden *translationsteoremet*, *skalningsteoremet* och *rotationsteoremet* ingår.



**Uppgift 2** (4p) Beräkna fouriertransformen av

$$h(x, y) = \text{sinc}(2x) \cdot e^{j2\pi 3y} \text{sinc}(y)$$

genom att använda formelsamlingen. Skissa sedan fouriertransformen i  $(u, v)$ -planet och gradera axlarna. Du kan välja att antingen göra en 3D-skiss eller att skissa  $(u, v)$ -planet sett ovanifrån, dvs som en bild.

**Uppgift 3** (5p) *Maxfilt* är ett laplace-liknande filter som kan användas för att detektera lokala maxima i en bild.

$$\text{Maxfilt} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

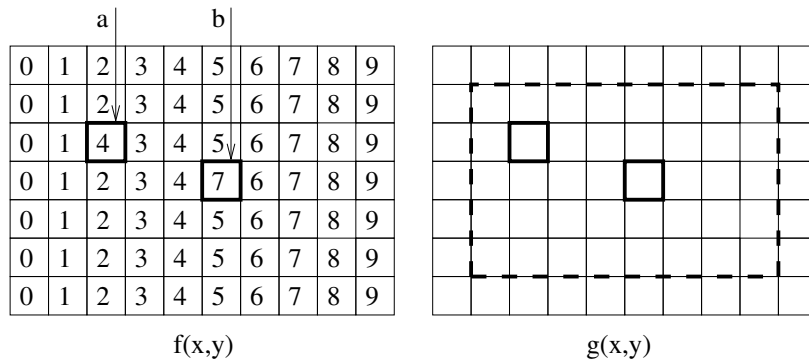
a) Visa noggrant hur detta filter kan konstrueras utgående från ekvationen

$$-\frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} \approx -1 \cdot (\text{deriv}_x * \text{deriv}_x + \text{deriv}_y * \text{deriv}_y) = \text{Maxfilt}$$

och filter som deriverar i x- och y-led, *deriv<sub>x</sub>* och *deriv<sub>y</sub>*. (2p)

$$\frac{d}{dx} \approx \text{deriv}_x = \begin{bmatrix} 1 & -1 \end{bmatrix} \quad \frac{d}{dy} \approx \text{deriv}_y = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

b) Nedan till vänster syns en liten bild  $f(x, y)$  med två lokala max belägna vid a och b. Bestäm  $g(x, y) = f(x, y) * \text{Maxfilt}$  i bilden till höger. Det räcker med att bestämma värdena innanför den streckade ramen. (2p)



c) Bestäm ett lämpligt tröskelvärde för att erhålla en binär bild med ettor endast vid de lokala maxpunkterna. (1p)

**Uppgift 4** (4p) Vid interpolationsuppgifterna nedan ska vi använda oss av fyra olika interpolationsfunktioner, närmsta granne interpolation  $n(x)$ , linjär interpolation  $l(x)$ , samt två olika cubic spline interpolationsfunktioner,  $c1(x)$  och  $c2(x)$ , där

$$n(x) = \begin{cases} 1, & \text{för } -0.5 \leq x \leq 0.5, \\ 0, & \text{för övrigt,} \end{cases}$$

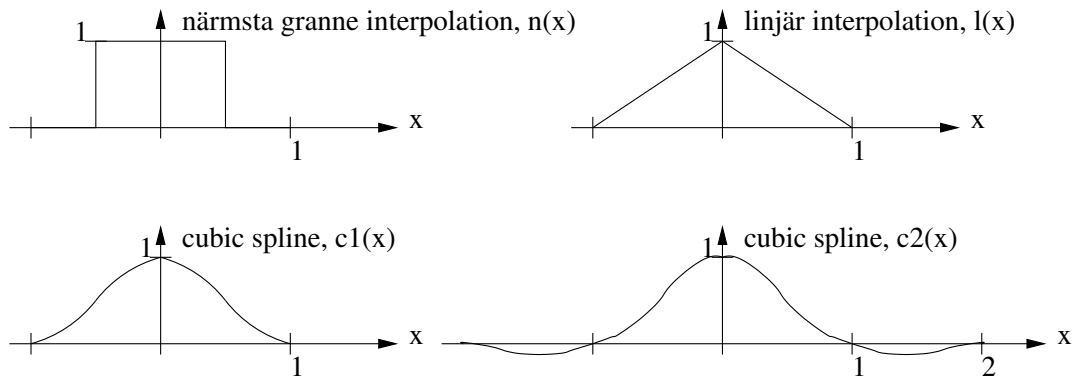
$$l(x) = \begin{cases} 1 - |x|, & \text{för } -1 \leq x \leq 1, \\ 0, & \text{för övrigt,} \end{cases}$$

$$c1(x) = \begin{cases} 2|x|^3 - 3|x|^2 + 1, & \text{för } -1 \leq x \leq 1, \\ 0, & \text{för övrigt,} \end{cases}$$

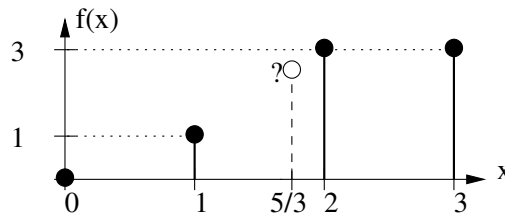
$$c2(x) = \begin{cases} 1.5|x|^3 - 2.5x^2 + 1, & \text{för } -1 \leq x \leq 1, \\ -0.5|x|^3 + 2.5x^2 - 4|x| + 2, & \text{för } 1 \leq |x| \leq 2, \\ 0, & \text{för övrigt.} \end{cases}$$

De olika interpolationsfunktionerna är också illustrerade nedan.

AID nummer: \_\_\_\_\_



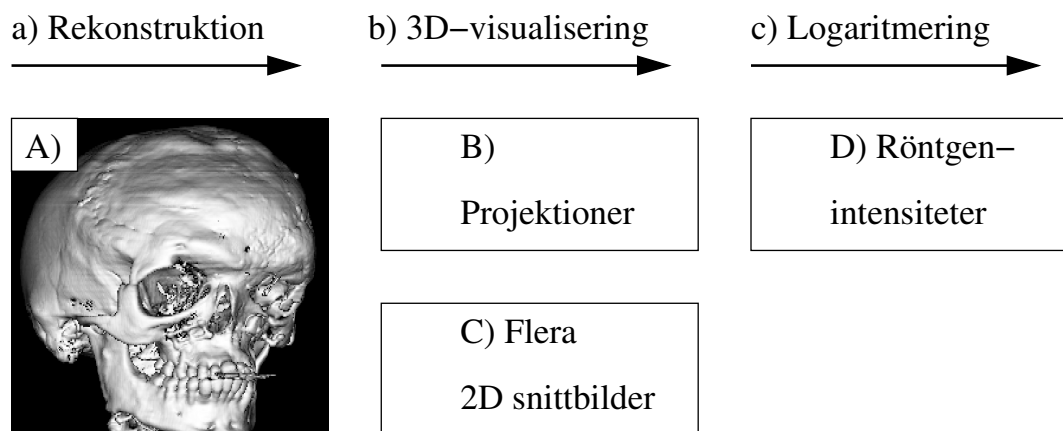
Nedan syns en liten figur med fyra kända sampelvärden och ett okänt,  $f(5/3) = ?$ .



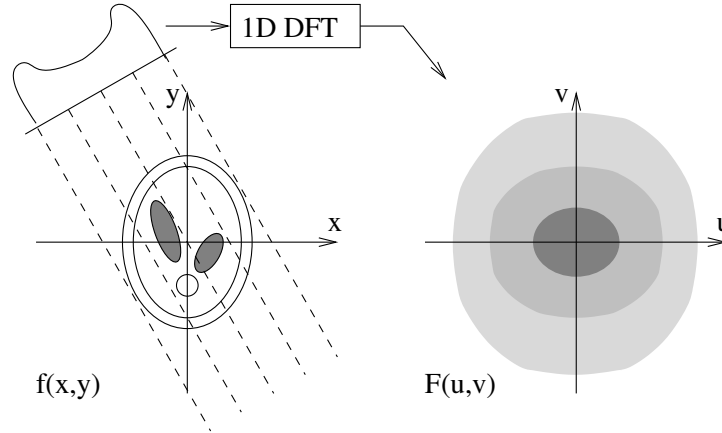
- Interpolera fram det okända värdet  $f(5/3)$  med de fyra olika interpolationsfunktionerna ovan.
- De olika interpolationsfunktionerna har olika fördelar och nackdelar jämfört med varandra. Vilken är  $c2$ 's främsta fördel?

## DEL 2: Röntgen och CT

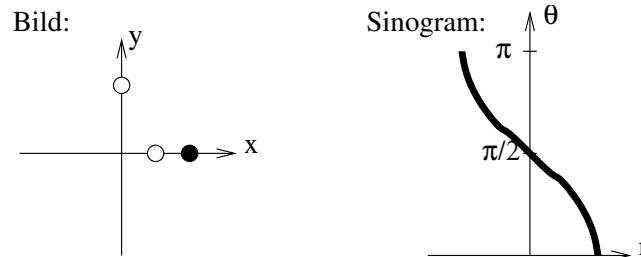
**Uppgift 5** (2p) Koppla ihop pilarna med operationer a), b) och c) med boxarna med data A), B), C) och D) i rätt tidsföljd.



**Uppgift 6** (2p) Figuren ska illustrera projektionsteoremet. Objektet  $f(x, y)$  och dess två-dimensionella fouriertransform  $F(u, v)$  visas. En projektion är indikerad. Markera var denna hamnar i  $F(u, v)$  efter 1D DFT.



**Uppgift 7** (2p) Figuren visar en bild med en svart punkt och hur den avbildas i sinogrammet. Det är även två vita punkter indikerade i bilden. Komplettera sinogrammet med deras avbildning.



**Uppgift 8** (2p) Vid vilka typer av medicinska situationer är det lämpligt att använda en *C-arm tomograf*? Vid denna typ av tomografi rör sig röntgenkällan *inte* i en helix relativt patienten, utan i en annan typ av bana - vilken?

**Uppgift 9** (1p) Vad är Hounsfield-värdet för luft?

*Tips:* En formel i formelsamlingen kan hjälpa.

## DEL 3: Gamma-kamera, SPECT och PET

**Uppgift 10** (2p) Kombinationer av apparatur är ganska vanligt. Det finns t ex PET/CT och SPECT/CT. På SPECT-laboration använde vi bilder från en SPECT/CT.

- Generellt sett – vilken typ av information tillför CT-data som man inte redan har med SPECT-data?
- Specifikt för SPECT-labben – vad hade vi för nytta av CT-volymer där?

**Uppgift 11** (2p)

- Vad har man för användning av en *cyklotron*, dvs vad producerar den?
- Vilken är huvudanledningen till att ett sjukhus (t ex US i Linköping) vill ha en egen cyklotron istället för att importera vad den producerar från en annan stad eller ett annat land?

**Uppgift 12** (4p) För SPECT gäller att iterativ rekonstruktion med ML-EM algoritmen (eller hellre OS-EM) ger bättre bildkvalitet än filtrerad återprojektion. Det gäller att

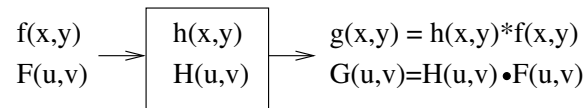
$$f_i^{k+1} = \frac{f_i^k}{\sum_{j=1}^m A_{ji}} \sum_{j=1}^m A_{ji} \frac{p_j}{\sum_{j=1}^m A_{ji} \cdot f_i^k + \tilde{p}_j^s},$$

där  $f_i$  är en pixel i bilden,  $A_{ji}$  är en stor  $m \times n$ -matris, som bestämmer vilka pixlar  $f_i$ , som korresponderar mot ett visst uppmätt projektningsvärde  $p_j$ .  $\sum_{j=1}^m A_{ji} \cdot f_i^k + \tilde{p}_j^s$  är alltså ett beräknat projektningsvärde, där  $\tilde{p}_j^s$  är uppskattat scatter.

- Vad kan användas som startlösning för bilden  $f^k(x, y)$ ,  $k = 0$ ?
- Varför är  $f^0(x, y) = 0$  en dålig startlösning?
- Vad händer när det beräknade projektningsvärdet blir samma som det uppmätta?
- Hur kan man uppskatta scatter i SPECT med hjälp av en energibetraktelse?

## DEL 4: Viktiga mätvärden och dess beräkning

**Uppgift 13** (4p) Figuren nedan visar ett 2D linjärt system med insignal och utsignal i spatial- och fourierdomän. (Som ni vet är ett 2D linjärt system en förenklad modell av verkligheten, t ex en CT-scanner eller digital röntgen. Ett 1D linjärt system kan vara en elektrisk krets.)



Antag att systemets överföringsfunktion är

$$H(u, v) = 3 e^{-\pi((5u)^2 + (5v)^2)}.$$

- Beräkna systemets MTF,

$$MTF(u) = \frac{|H(u, 0)|}{H(0, 0)}. \quad (1p)$$

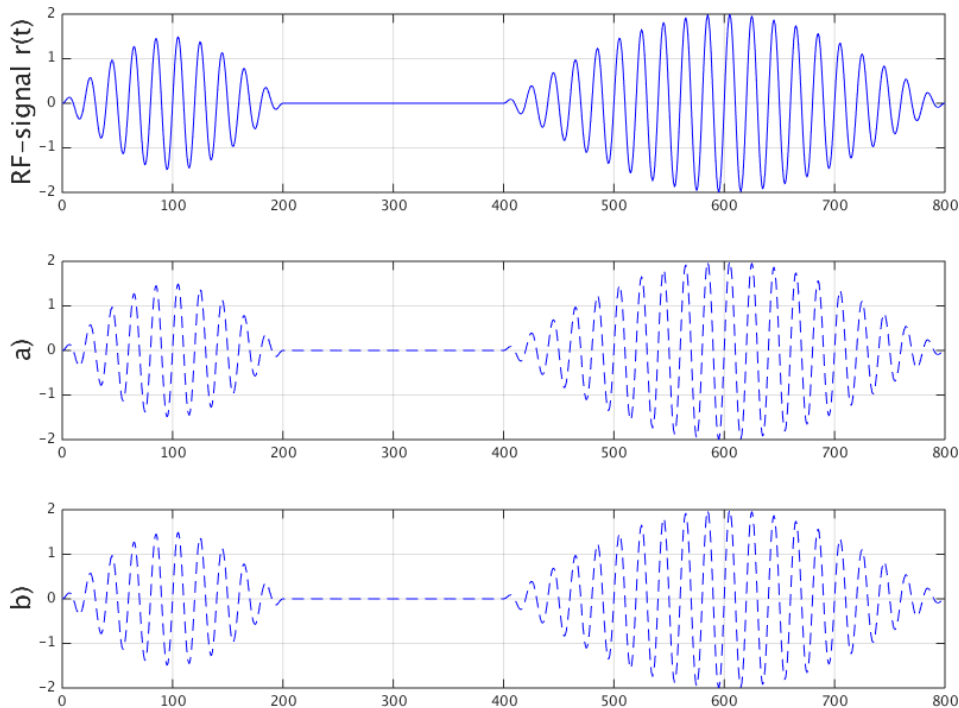
- Beräkna punktspridningsfunktion  $h(x, y)$ . (1p)
- Beräkna mätvärdet FWHM (Full Width Half Maximum) på funktionen  $h(x, 0)$ . (1p)
- FWHM är ett bra mått på upplösningen. Varför? (1p)

## DEL 5: Ultraljud

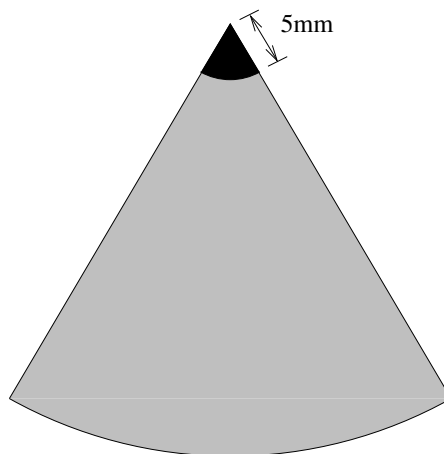
**Uppgift 14** (3p) På ultraljudslaborationen gjorde vi först en enkel enveloppsdetektering och därefter en mer avancerad med hjälp av kvadraturfilter. Se RF-signalen  $r(t)$  i översta figuren nedan. Denna faltades med det komplexa kvadraturfiltret  $f(t)$  enligt

$$q(t) = f(t) * r(t).$$

Resultatet blev att realdelen av  $q$  var mycket lik  $r$ , dvs  $\text{Real}[q(t)] \approx r(t)$ , men vad gällde för imaginärdelen av  $q$ , dvs  $\text{Imag}[q(t)]$ ? Beskriv med ord och försök att skissa ungefärligt i figur a) nedan. Därefter beräknades enveloppen med hjälp av  $q(t)$ . Ge en exakt formel för detta och skissa sedan enveloppen ungefärligt i figur b) nedan.



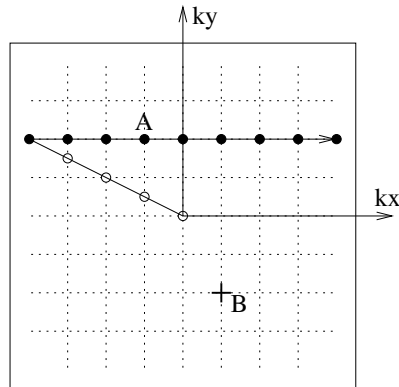
**Uppgift 15** (2p) En ultraljudsbild har formen av den grå ytan, se nedan. Varför kan man inte skapa en bild i den svarta ytan? (Antag att ultraljudskristallen ligger mycket nära huden, ca 1 mm, så det är inte orsaken.)





## DEL 6: MRI

**Uppgift 16** (4p) Ett 2D-snitt av en patient ska undersökas med MRI. Efter excitering med en RF-puls befinner man sig i origo av k-space. Sedan registreras data längs en linje i k-space med hjälp av magnetfältsgradienter. Detta förfarande upprepas linje för linje tills dess att hela k-space är uppmätt. I figuren visas färdvägen för registrering av en av dessa linjer. Värdena i de vita punkterna behövs inte och slängs. Värdena i de svarta punkterna sparas.



- Ange den sekvens av gradienter  $(G_x, G_y)$  som genererar dessa koordinater i k-space så när som på en skalfaktor. (2p)
- Antag att värdet i punkten A är  $5 + 7j$ . Vad är då värdet i punkten B? (1p)
- Varför kan man inte gå direkt till den svarta punkten till vänster utan måste stega längs de vita punkterna? (1p)

**Uppgift 17** (2p) En magnetkamera har använts för att avbilda ett objekt, bilden har ingen vinkningsdistorsion. Hur ska samplingen i k-space ändras om ...

- vi vill avbilda ett större objekt med samma detaljätergivning?
- vi vill avbilda samma objekt med högre detaljätergivning?

**Uppgift 18** (2p) Vad menas med att diffusion är anisotrop? Illustrera ditt svar med en figur.