



KTH Tillämpad Fysik

Tentamen i

SK1140, Fotografi för medieteknik

SK2380, Teknisk fotografi

2018-08-17, kl. 8-13, M38, Q22

Uppgifterna är lika mycket värda poängmässigt och är inte ordnade i svårighetsgrad.
För godkänt krävs 55 % av max. poängtalet.

Det kan hända att data ges som du inte behöver använda för problemets lösande.
Det kan också hända att någon nödvändig data saknas och att du måste anta rimligt värde.

Hjälpmedel: Formelblad "Radiometriska och fotometriska storheter." (bifogad med tentamen)
Miniräknare, Linjal

Kursansvarig lärare: Linda Lundström (073-683 70 41)

Observera: Skriv namn på ALLA papper som lämnas in.
Skriv bara på en sida av papperet. (Tentorna kommer att scannas)
Skriv ALDRIG mer än EN lösning per papper.

**Såvida inte annat sägs, motivera alla svar
och förklara alla införda beteckningar,
gärna genom att rita figurer!**

Uppgift 1

Din vän håller på att sätta upp en egen fotostudio hemma och frågar dig om råd angående belysning. Målet är att använda vanliga 9 W LED-lampor för att uppnå samma belysning på motivet som med en 70 W speciallampa speciellt framtagen för fotografering och videoinspelning. Se tekniska specifikationerna för lamporna här nedan, båda lamporna befinner sig på samma avstånd från motivet (rymdvinkeln kan räknas ut från spridningens halva konvinkeln u genom $\Omega=2\pi(1 - \cos u)$). Hur många 9 W LED-lampor kommer att behövas?

Speciallampa E27 3320 lm

Speciallampa 70 W

Art. 57427



Teknisk information

Allmänt

Socket	E27
Spänning	230 V
Effekt	70 W
Dimbar	Ej dimbar
Färg	Kallvit
Spridningsvinkel	300 °
Energiklass	B

Specifikation

Tändtid <	2 s
Tändcykler	25000 st
Energiförbrukning	70
Vägd energiförbrukning	47 kWh/1000 h
Livslängd	4000 h
Kviksilverinnehåll	2,5 mg

Ljus

Ljusflöde	3320 lm
Motsvarar glödljus	196 W
Färgåtergivning (Ra)	80 Ra
Färgtemperatur	5500 K

Dimensioner och vikt

Diameter Ø	95 mm
Längd/höjd	235 mm

LED-lampa 9 W

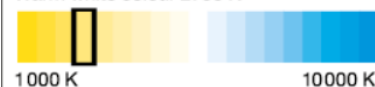


Specifications

Socket	E27
Luminous flux	806 lm
CRI (Ra)	80
Power	9 W
Start up time	Instant
Lifetime	30 000 h
On/off cycles	15 000
Voltage	230 V

Colour temperature

Warm white colour 2700 K



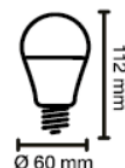
Not dimmable



Beam angle



Size



Uppgift 2

Din vän i uppgiften ovan har nu installerat rätt antal 9 W lampor så att båda typerna av belysning ger lika många lux (antag exakt lika). Men det finns ändå skillnader. Beskriv en egenskap hos belysningssituationen i fotostudion som kommer att bli annorlunda med 9 W LED-lampor istället för med 70 W speciallampan utifrån de tekniska specifikationerna! Hur skulle man kunna kompensera för denna skillnad vid fotograferingen? Vilka eventuella svårigheter och nackdelar kan det vålla?

Uppgift 3

ISO-talet togs fram för film-baserad fotografi, men används nu även inom digital fotografi. Nedan följer ett antal frågor om ISO-tal inställningen på digitala kameror.

- a) Vad är det som ändras när man ställer in en digitalkamera på ett visst ISO-tal? 0,2 p
- b) Vilket ISO-tal ger bäst bildkvalitet? 0,2 p
- c) Ge ett exempel på en situation där man inte kan använda optimalt ISO-tal! 0,2 p
- d) På vilka två sätt blir bildkvaliteten sämre när optimalt ISO-tal inte används, trots att exponeringen är korrekt? 0,4 p

Uppgift 4

De två fotona nedan (Bild 1 och 2) visar samma motiv och är tagna med en systemkamera från laborationerna, SONY $\alpha 7$ (24 Mpixel CMOS-sensor med storleken 24 mm x 36 mm, färgfilter i RGB-mosaik, 2.5x zoomobjektiv 28 – 70 mm). Två olika inställningar användes vid fotograferingen (A och B nedan), men båda bilderna efterbehandlades på samma sätt.

- a) Vilken inställning gav vilken bild? Motivera ditt svar! 0,5 p
- b) Bild 2 ger korrekt djupintryck om den betraktas på avståndet 25 cm. På vilket avstånd ska man betrakta Bild 1 för att få korrekt djupintryck? 0,5 p

A

Camera maker	SONY
Camera model	ILCE-7
F-stop	f/5.6
Exposure time	1/50 sec.
ISO speed	ISO-800
Exposure bias	0 step
Focal length	70 mm
Max aperture	4.96875
Metering mode	Pattern
Subject distance	
Flash mode	No flash, compulsory

B

Camera maker	SONY
Camera model	ILCE-7
F-stop	f/5.6
Exposure time	1/50 sec.
ISO speed	ISO-800
Exposure bias	0 step
Focal length	28 mm
Max aperture	3.6171875
Metering mode	Pattern
Subject distance	
Flash mode	No flash, compulsory

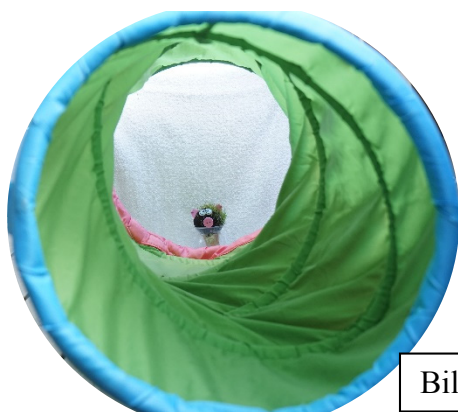


Bild 1

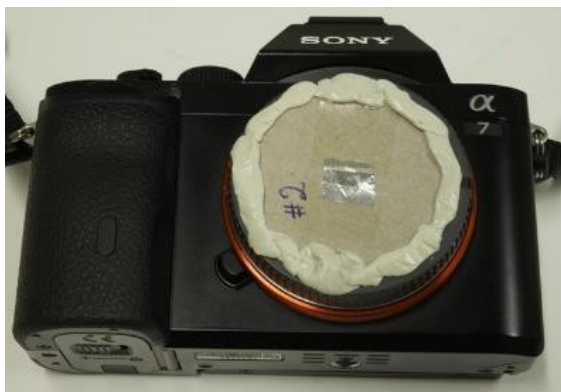


Bild 2

Uppgift 5

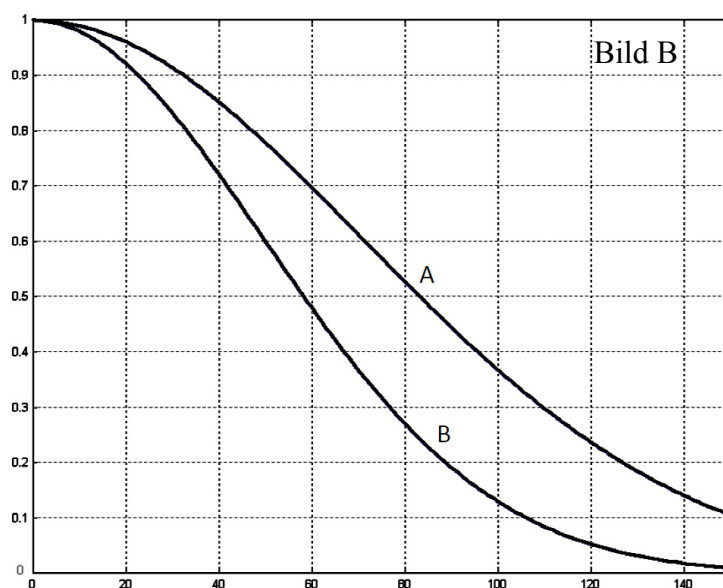
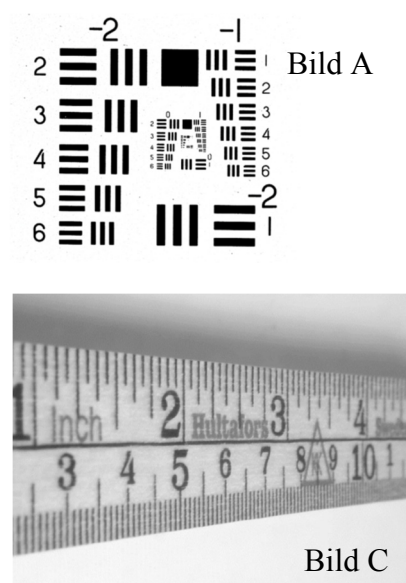
Det går att använda ett kamerahus även utan objektiv, som en så kallad hålkamera. Bilden till vänster visar en hembyggd hålkamera där en ljustät platta med ett litet hål i sätts för öppningen på ett kamerahus med en fullformatssensor (24x 36 mm). Fotot till höger har tagits med denna hålkamera (utan beskärning) och de gula blommarna var i verkligheten ca 8 mm (dubbelpilen markerar motsvarande sträcka i fotot) och befann sig ca 9 cm framför kamerans hål.

- Hur stort var avståndet mellan hålet och kamerans sensor? (Om du inte har linjal kan du använda att fotot är 9 cm brett och att dubbelpilen är 0,5 cm lång.) 0,3 p
- Vilken brännvidd skulle behövas för att få samma avbildningsskala med ett objektiv? Använd samma motivavstånd som i a) och betrakta objektivet som en tunn lins. 0,3 p
- Vilken sorts objektiv skulle det i så fall motsvara (tele, normal, eller vidvinkel)? 0,2 p
- Nämn en fördel och en nackdel vad gäller bildkvalitet när man använder ett mycket litet hål istället för ett objektiv. 0,2 p



Uppgift 6

Det finns flera olika mått som handlar om hur skarpt ett fotografi blir: skärpedjup, upplösning, och MTF. Använd bilderna nedan för att förklara vad dessa tre mått beskriver och hur de skiljer sig ifrån varandra. (Om du vill får du ta loss pappret och lämna in – skriv i så fall namn!)



Uppgift 7

En solig dag är du på besök hos en biodlare för att fotografera en bivaxkaka (rammått 448 x 232 mm) med din APS-kamera (sensorstorlek 15,8 x 23,6 mm, 10 megapixlar) utrustad med ett 32 mm objektiv. Det är dock för soligt för att kunna se ordentligt på kamerans display och hattens skyddsnät hindrar dig från att titta i sökaren, så du måste ställa in kameran på lämpligt avstånd utifrån beräkningar. Går det att välja ett motivavstånd där hela bivaxkakan kommer med på bilden samtidigt som binas ränder syns utan störande *bieffekter*? Om ja, för vilka avstånd är det möjligt? Använd att en svart rand på ett arbetarbi är ca 1 mm bred.



Uppgift 8

Det är inte bara motivavstånd som är svårt att välja under ditt besök hos biodlaren i uppgiften ovan, korrekt exponering blir också svårt att få till. Du tar därför fyra bilder på måfå för att välja ut en efteråt. Du valde fyra olika inställningar:

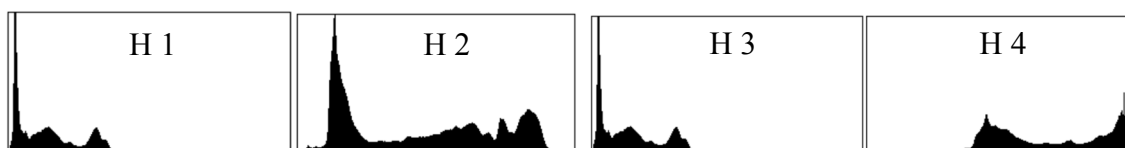
F/8 1/400 s

F/8 1/800 s

F/11 1/300 s

F/11 1/400 s

som gav upphov till fyra histogram (visas nedan i annan ordning):



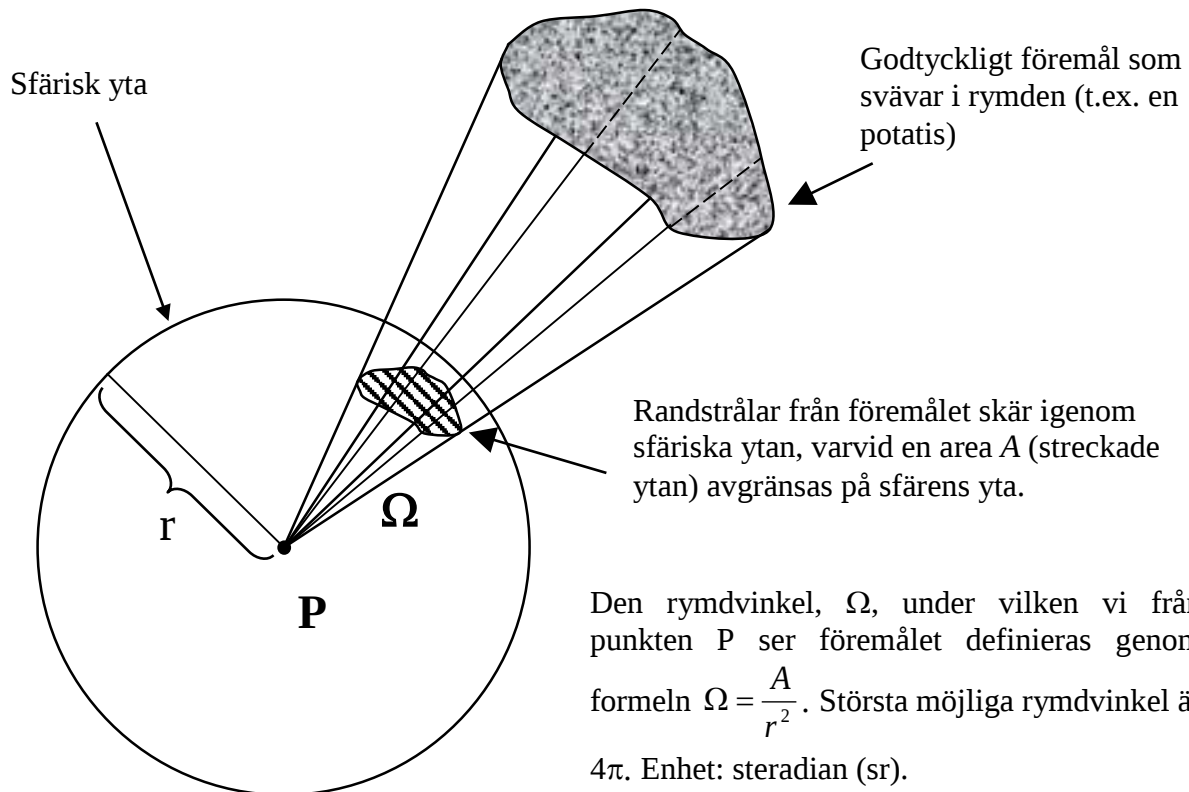
Para ihop rätt histogram med rätt inställning och ange vilken som motsvarar korrekt exponering!

Lycka till!

Linda Lundström

Formelblad: Radiometriska och fotometriska storheter

Begreppet rymdvinkel



Radiometri

Utstrålning:

$$\text{Radiants, } R = \frac{d^2 P}{dA d\Omega \cos \vartheta} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{sr}} \right].$$

För svartkroppsstrålare är

$$R = 1.80 \times 10^{-8} \times T^4, \text{ där } T = \text{temperaturen i Kelvin.}$$

Instrålning:

$$\text{Irradians, } I = \frac{dP}{dA} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

Fotometri

Handlar om hur starkt ögat uppfattar strålningen. Därför omvandlas strålningseffekten med hjälp av ögats spektrala känslighetskurva. Istället för strålningseffekt, får vi då **ljusflöde, Φ** , som har sorten **lumen (lm)**.

Utstrålning:

$$\text{Luminans, } L = \frac{d^2 \Phi}{dA d\Omega \cos \vartheta} \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2 \text{sr}} \right].$$

För en svartkroppsstrålare beror L bara på temperaturen. För en perfekt matt reflekterande yta beror L på reflektionsförmågan och hur kraftigt den belyses.

Instrålning:

$$\text{Belysning, } E = \frac{d\Phi}{dA} \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = \text{lux} \right]$$

Lösningar till tentan i SK1140, 180817:

Uppgift 1

Antag att båda lamporna sprider isotropt inom sin respektive spridningsvinkel (även om det i praktiken knappast är sant) och att motivet befinner sig rakt framför respektive lampa på motivavståndet r . Belysningen $E = \Phi/A$, med den totala upplysta arean A som även är arean i uttrycket för rymdvinkeln $\Omega = A/r^2$. Alltså är $A = \Omega \cdot r^2$ och $E = \Phi/(\Omega \cdot r^2)$. Eftersom r är samma för båda lamptyperna fås att $E_{70W}/E_{9W} = (\Phi_{70W}/(\Omega_{70W} \cdot r^2)) / (\Phi_{9W}/(\Omega_{9W} \cdot r^2)) = (\Phi_{70W} \cdot \Omega_{9W}) / (\Phi_{9W} \cdot \Omega_{70W})$. Ljusflödet är $\Phi_{70W} = 3320$ lm, $\Phi_{9W} = 806$ lm och rymdvinklarna kan tas fram ifrån spridningsvinklarna enligt givet samband ($u_{70W} = 150^\circ$ resp $u_{9W} = 100^\circ$): $\Omega_{70W} = 3,73\pi$ sr och $\Omega_{9W} = 2,35\pi$ sr. Alltså ger speciallampan $E_{70W}/E_{9W} = 2,6$ ggr högre belysning än den vanliga 9 W LED-lampan, så det borde räcka med 3 stycken 9 W lampor.

Uppgift 2

De två lamptyperna har helt olika färgtemperaturer. 70 W speciallampa har 5500 Kelvin och ger därför en belysning liknande dagsljus, medan 9 W LED-lamporna har en färgtemperatur på 2700 Kelvin liknande ljuset från klassiska glödlampor. Alltså kommer belysningen i fotostudion att bli mycket gulare ("varmare" ljus) med 9 W lampor jämfört med 70 W speciallampans vita "kalla" ljus. (Dessutom är karaktären på spektralfördelningarna säkert helt olika plus att man kan misstänka att speciallampan blinkar i 100 Hz).

För att kompensera för den gulare belysningen från 9 W lamporna och få fotografierna att framstå som mer dagsljus-liknande skulle man behöva ändra kamerans vitbalans till mycket låga Kelvin, och därigenom förstärka blåkanalen extra. Dock är 2700 Kelvin redan väldigt lågt och på många kameror kan man inte ställa in vitbalansen lägre än 2500 Kelvin, så en efterbearbetning på dator kommer vara nödvändig. Därför är det en god idé att även ta provbilder med ett gråkort för att kunna justera färgkanalerna rätt (på liknande sätt som i lab 1).

Nackdelen med all typ av digital förstärkning är att det inte fullt ut kompenserar för underexponeringen av pixlarna, så man får inte lika bra signal-brus förhållande, dynamisk vidd eller antal blå nyanser.

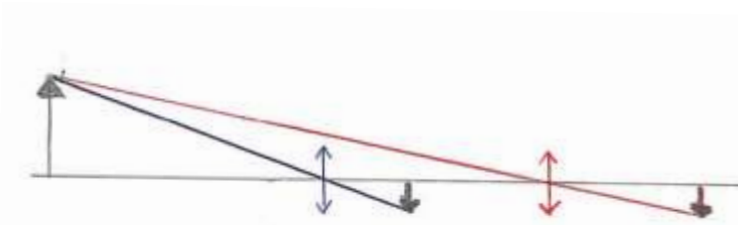
Uppgift 3

- ISO handlar om ljuskänslighet. Det finns ingen entydig definition vad gäller det numeriska värdet på ISO-talet för digitalkamerasensorer men när man ökar ISO-talet så ökas den elektroniska förstärkningen av sensorsignalen. ISO-skalan är linjär, dvs fördubblat ISO-tal medför att exponeringen kan halveras.
- Bäst bildkvalitet fås vid korrekt exponering av sensorspixlar, d.v.s. när man utnyttjar hela sensorns "well capacity" (dvs maximala antalet fotoner som kan detekteras i en pixel). Optimalt är alltså att använda så lite elektronisk förstärkning som möjligt = lågt ISO-tal. Det lägsta ISO-talet för en digitalsensor är oftast satt runt 100 av kameratillverkaren (men det är som sagt inte en väldefinierad siffra).
- När belysningsförhållandena är låga och man inte har möjlighet att använda lägre bländartal, längre exponeringstid eller extra belysning (t.ex. blix) för att få tillräcklig exponering av pixlarna är det aktuellt att höja ISO. Vanlig situation är inomhusfotografering utan blix med motiv som inte är stilla (t.ex. människor).
- Korrekt exponering vid högre ISO-tal innebär att histogrammet visar på korrekt exponering trots att pixlarna tar emot betydligt färre fotoner än vad de kan, d.v.s. sensorns "well capacity" utnyttjas inte. Denna underexponering av pixlarna innebär att man inte får lika bra signal-brus förhållande (SNR) och dynamisk vidd. Låg SNR kommer framförallt att synas som ett

brus (grynighet) i de mörka partierna i bilden och den låga dynamiska vidden ger i realiteten färre gråskalesteg vilket gör att nyanserna i de mörkaste och/eller ljusaste områdena saknas.

Uppgift 4

- a) Bild 1 och 2 har olika perspektiv (1 är platt och 2 är överdrivet djupt) eftersom de är tagna med kameran inställd på olika brännvidder ("Focal length" 70 respektive 28 mm i inställning A och B). När man har en lång brännvidd fungerar zoomobjektivet som ett teleobjektiv och motivavståndet ska därmed vara längre om man fortfarande vill ha med samma del av motivet, vilket innebär att det blir ett platt perspektiv. På samma sätt ger en kort brännvidd vidvinkel och att man måste gå närmare för att få med samma del av motivet, vilket förstärker djupeffekten. Alltså är det inställning A som gett bild 1 och inställning B som gett bild 2.
- b) Korrekt djupintryck innebär att betraktningssvinkeln till bilden är densamma som vid fotograferingstillfället. Betraktningssvinkeln ges av $s = M_{kopia} \cdot f$ och eftersom efterbehandlingen var densamma är alltså M_{kopia} samma för båda bilderna. Det innebär att $M_{kopia} = s_{bild2}/f_{bild2} = s_{bild1}/f_{bild1}$ med $f_{bild1} = 70$ mm, $f_{bild2} = 28$ mm och $s_{bild2} = 250$ mm blir alltså betraktningssvinkeln för korrekt djupintryck för Bild 1 $s_{bild1} = 625$ mm.



Fotograferingssituationen kan även motiveras med figuren härnäst där blått visar situation 2 och rött visar 1. Vinkeln för respektive stråle ska bevaras när man betraktar den uppförstorade bilden.

Uppgift 5

- a) Om man mäter dubbelpilen i fotot och utnyttjar att sensorns storlek är känd (9 cm i fotot motsvarar alltså 36 mm på sensorn) så fås bildstorleken för en blom-diameter till ca 2 mm (=B) på sensorn (motsvarande 0,5 cm i fotot). Likformiga trianglar och formeln för avbildningskala från motiv till sensor $M=B/A=b/a$ gäller även i detta fall om a och b anges ifrån hålet: $a = 9$ cm, $A = 8$ mm och $B = 2$ mm ger avståndet mellan hål och kamerans sensor $b = 23$ mm.
- b) Linsformeln ger att $1/a + 1/b = 1/f$. Med $a = 9$ cm och $b = 23$ mm fås $f = 18$ mm.
- c) Vidvinkelobjektiv eftersom $f/D = 18 \text{ mm} / 43 \text{ mm} = 0,42 < 0,9$
- d) Fördeel: Bildkvaliteten begränsas endast av diffraktion (ingen optik = inga aberrationer) och suddigheten ökar inte lika fort för stora infallsvinklar. Bildkvaliteten blir i stor utsträckning även likartad för olika motivavstånd vilket ger stort skärpedjup och därför krävs ingen fokusering.
- Nackdel: Begränsad skärpa och upplösning pga diffraktion. Den lilla bländaröppningen gör även att belysningen på sensorn blir låg och därför behövs en längre exponeringstid jämfört med bländartalen hos ettektiv.

Uppgift 6

Se fotokompndiet kapitel 10.1, 16.3 och 17.3 för utförligare svar.

Bild A (= figur 16.3 i fotokompndiet) visar ett objekt för upplösningstest, vilket är ett subjektivt mått på hur små detaljer (täta mönster) som syns i bilden.

Bild B (= figur 17.18 i fotokompndiet) visar exempel på två olika MTF-kurvor, vilket är ett objektivt mått på hur kontrasten av detaljer med minskande storlek (ökande ortsfrekvens på x-axeln) överförs till bilden (kontrastöverföringen, MTF, anges på y-axeln). Högre MTF (så som kurva A) = bättre bildkvalitet (så länge som sensorstorleken är densamma). MTF ger mycket mer information om bildkvaliteten för än upplösning: upplösning skulle bara motsvara gränsfrekvensen, när $MTF = 0$.

Bild C (= figur 10.1 i fotokompndiet) är ett fotografi med stort skärpedjup, vilket innebär att motiv på olika avstånd ändå avbildas skarpt på sensorn. Skärpedjupet varierar med bländartalet (Lågt F = stor bländaröppning = litet skärpedjup). Det är ett mått på hur stor felfokusering kan vara innan bildkvaliteten sänks tydligt, men är inget kvantitativt mått på hur skarp bilden faktiskt är.

Uppgift 7

Samplingskriteriet måste vara uppfyllt för att undvika Moiré effekter, d.v.s. det behövs mer än 1 pixel per rand. Pixelstorleken är $6,1 \mu\text{m}$ ($\sqrt{(15,8 \cdot 23,6)/(10 \cdot 10^6)}$ mm). Kollar vilken avbildningsskala som ger att 1 rand på sensorn täcker precis en pixel: $M=B/A$ med $A=1 \text{ mm}$, $B=6,1 \mu\text{m}$ ger $M=0,0061$ ggr. Kommer hela bivaaxkakan med i bilden då? Bilden av ramen på sensorn blir $2,7 \text{ mm} \times 1,4 \text{ mm}$ (dvs $M \cdot \text{rammått}$), vilket ryms inom sensorns storlek. Alltså: Ja, det går att välja ett motivavstånd där hela bivaaxkakan kommer med på bilden samtidigt som binas ränder syns utan störande biefekter. Detta gäller för alla avstånd kortare än gränsfallet med $M=0,0061$ ggr så länge som hela ramen ryms på sensorn.

Motivavståndet måste vara kortare än: $M=B/A=b/a$ och $1/a+1/b=1/f$ med $A=1 \text{ mm}$, $B=6,1 \mu\text{m}$, $f=32 \text{ mm}$ och $M=0,0061$ ggr ger att $b=32,2 \text{ mm}$ och $a=5,3 \text{ m}$ ($B/A \approx f/a$ är också ok). Samtligt måste motivavståndet vara längre än: $B/A=b/a$ och $1/a+1/b=1/f$ med $A=448 \text{ mm}$, $B=23,6 \text{ mm}$, $f=32 \text{ mm}$ och vilket ger att $b=33,7 \text{ mm}$ och $a=0,6 \text{ m}$ ($B/A \approx f/a$ är också ok). Alltså fungerar alla motivavstånd större än $0,6 \text{ m}$ och kortare än $5,3 \text{ m}$.

Uppgift 8

Histogram 1 och 3 är underexponerade lika mycket (de flesta pixlarna har låga värden och många är på noll), histogram 4 är överexponerad (de flesta pixlarna har höga värden och många är bottnade) och histogram 2 är korrekt exponerad med pixelvärden fördelade utan många på noll eller bottnade.

Exponeringen $H = E \cdot t$. En ändring från bländartal 8 till 11 minskar belysningen på sensorn (E) med en faktor 2 ($11^2/8^2$) och en fördubbling av exponeringstiden (t) ökar belysningen med en faktor 2.

Alltså motsvarar F/8 1/800 s och F/11 1/400 s den lägsta exponeringen = H1 och H3 underexponerade.

F/8 1/400 s motsvarar den högsta exponeringen, 2 ggr större än den underexponerade = H4 överexponerad.

F/11 1/300 s ger en exponering som är 1,3 ggr större än den underexponerade = H2 korrekt exponerad.