



KTH Tillämpad Fysik

Tentamen i

SK1140, Fotografi för medieteknik

SK2380, Teknisk fotografi

2016-08-16, 8-13, FB52

Uppgifterna är lika mycket värda poängmässigt. För godkänt krävs 50 % av max. poängtalet.

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

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.
Rita gärna figurer som förklarar vad införda beteckningar står för.

OBS!

**Såvida inte annat sägs, motivera alla svar
och förklara alla införda beteckningar!**

- Talen är inte ordnade i svårighetsgrad.
- Det kan hända att data ges som du inte behöver använda för problemets lösande. Du får alltså välja ut de data du behöver. (Välkommen till livet som ingenjör!)

Uppgift 1

Du fotograferar vid ett tillfälle samma motiv med följande kombinationer av bländartal och exponeringstid

	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5
Exp. tid:	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60
Bländartal:	2.8	5.6	11	11	16

När du efteråt tittar på bilderna visar det sig att 3 stycken är korrekt exponerade, medan 2 st. är felexponerade.

- Vilka 3 exponeringar av Exp. 1 – 5 är korrekta?
- Ange för de övriga två exponeringarna om dessa är över- eller underexponerade.

Motivering krävs till svaren.

Uppgift 2

Idag kan många digitalkameror visa ett histogram på sin display. Exempel på hur ett sådant histogram kan se ut för en korrekt exponerad bild visas i Fig. 1. I detta fall har motivet innehållit såväl ljusa som mellanljusa och mörka partier.

Fig. 1



- Berätta vad som är avsatt längs x- och y-axlarna i ett histogram, och på vilket sätt man kan se att exponeringen är korrekt.

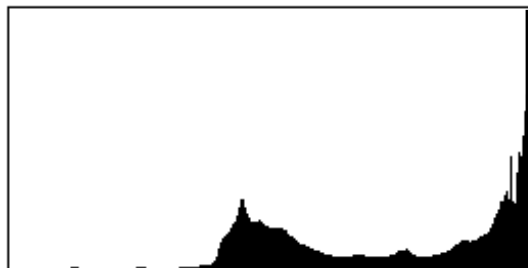


Fig. 2

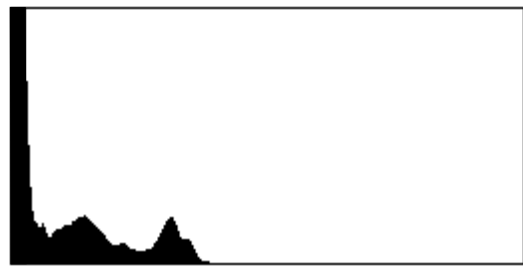


Fig. 3

- Figurerna 2 och 3 visar histogrammen för samma motiv som i Fig. 1, men med andra exponeringar. Berätta hur bilderna kommer att se ut i dessa fall.
- Berätta varför histogram ger en säkrare bedömning av när man har en korrekt exponering än att använda exponeringsmätarens utslag.

Uppgift 3

Naturfotografering ställer ofta höga krav på utrustningen (och fotografen). Antag att man vill fotografera en sånglärka i flykten utan att få någon störande oskärpa på vingarna. Sånglärkor har ett vingspann på ca. 30 cm (vingspets till vingspets när vingarna är utsträckta horisontellt) och gör ca. 10 vingslag (hela perioder) per sekund när dom ”ryttlar” dvs står stilla i luften.

Kameran är en SONY A7 med sensorstorlek 24 mm x 36 mm (24 megapixlar), utrustad med ett 400 mm teleobjektiv. Kortaste exponeringstid 1/8000 sekund. Fotograferingsavståndet är ca. 50 meter.

Bilderna ska visas med en dataprojektor med 1920 x 1080 pixlars bild som visas på en 1.35 m x 2.40 m skärm.

Undersök förutsättningarna att lyckas ta en bild som inte uppvisar någon störande rörelseskärpa vid visning med dataprojektor.

Uppgift 4

När man tar porträttbilder måste man beakta perspektivets betydelse. Folk vill inte framträda med långa spetsiga näsor, och inte heller vill man se helt platt ut i ansiktet. I allmänhet vill man se något plattare ut i ansiktet än man skulle göra på en bild med helt korrekt perspektiv.

Antag att du ska ta några porträttbilder med en APS-kamera (sensorstorlek 15.8 mm x 23.6 mm och 16 megapixlar). Bilderna ska printas ut på en bläckstråleskrivare i storlek A4 (21 cm x 30 cm) för att ramas in och sättas upp på väggen. Man kan räkna med att de inramade bilderna kommer att betraktas på ungefär en halvmeters avstånd.

Föreslå en lämplig brännvidd och fotograferingsavstånd om man på bilden vill få med huvudet och lite grann av överkroppen. Perspektivet ska alltså vara lite ”plattare” än vad som är korrekt.

Uppgift 5

Du har fått i uppgift att ta ett antal fotografier av en myrstack på natten för att se vad som försiggår då. Uppdragsgivaren berättar att man inte får utsätta myrstacken för högre belysning än 10 lux, för då kommer det att påverka myrornas beteende. Som ljuskälla använder du en batteridriven LED-lampa med ett ljusflöde av 210 lumen som sprids halvfäriskt, dvs under rymdvinkeln 2π steradianer.

- a) Hur långt från myrstacken ska du placera lampan för att belysningen på myrorna ska bli ungefär 10 lux?
- b) När du försöker fotografera med en belysning enligt a-uppgiften märker du att bilderna hela tiden blir underexponerade när du använder ditt standardobjektiv märkt 35mm/4.5 (brännvidd/ljusstyrka). Det hjälper inte att använda största bländaröppning och högsta användbara ISO-tal, och du kan inte förlänga exponeringstiden eftersom du då får rörelseskärpa (myrorna rör på sig). Du gör trots det ett test med 10 gånger längre exponeringstid, och då blir exponeringsnivån bra, men myrorna suddiga. Du behöver helt enkelt ett ljusstarkare objektiv. Vilken ljusstyrka behöver du minst ha för att klara uppgiften?

Uppgift 6

En gammal släkting till dig har under årens lopp tagit många fotografier med en småbildskamera (dvs. negativstorlek 24 mm x 36 mm). Filmrutorna har kopierats på fotopapper med storleken 10 cm x 15 cm. Nu vill du scanna in dessa pappersbilder med en flatbäddsskanner så att du kan lagra upp dem som digitala bilder. Frågan är vilket ppi-tal du bör använda (ppi = pixels per inch, där 1 inch = 25.4 mm). Du vill inte att det ska uppstå några moiré-effekter på grund av otillräcklig pixeltäthet. På ett datablad du hittat sägs att filmen som din släkting använde hade en upplösningsförmåga av 55 linjepar/mm. Du gissar att optiken i kamera och förstöringsapparat var så bra att de inte märkbart påverkade upplösningen i pappersbilden. Samma sak gäller för fotopapperet. Kort sagt, upplösningsförmågan bestämdes helt och hållet av filmen.

Bestäm under dessa förutsättningar vilket ppi-tal du minst bör ha på flatbäddsskannern.

Uppgift 7

På riktigt gamla svartvita fotografier ser svenska flaggan ut som en finsk flagga, dvs. vi ser ett mörkt kors på en ljus bakgrund. Vi vill framställa en sådan svartvit bild från ett digitalfoto i färg av en svensk flagga (blå med gult kors). Detta görs genom att med Photoshop skapa en bild som innehåller bara en av RGB-kanalerna. (Förklaring: Om vi skapar en bild som endast innehåller t.ex. G-kanalen, så får vi en svartvit bild där pixelvärdena motsvarar grönvärdet för pixlarna i den ursprungliga färgbilden.)

- Förklara med ordentlig motivering vilken av färgkanalerna (R, G eller B) vi ska välja ut för att få en bild med låga pixelvärden i korset och höga i flaggans bakgrund.
- Vilka av färgerna rött, grönt, blått, gult, magenta och cyan skulle i flaggans kors respektive bakgrund ge mörkt kors på ljus bakgrund i den färgkanal du valt i deluppgift a)?
- Vad kan man dra för slutsats angående färgkänsligheten för den svartvita film som användes i fotografins barndom?

Du får anta att alla färger som förekommer i flaggan har mycket hög färgmättnad samt hög ljushet.

Uppgift 8

I dag kan man köpa extremt små kameror ("spionkameror") som ryms i t.ex. en penna, såsom visas i annonsen nedan från Kjell & Co. I detta tal ska vi undersöka möjligheten att bygga extremt små kameror som ändå kan ta bilder med god skärpa. Vi kan anta att spionen vill fotografera en hel A4-sida (ca. 20 cm x 30 cm), och på denna sida kunna upplösa ett linjemönster med en täthet av minst 2.0 mm^{-1} (annars kan man knappast läsa texten). Med "upplösa" avser vi att MTF-värdet måste vara ≥ 0.10



Spionpenna med kamera och mikrofon

Kamera och mikrofon i pennformat

Art. 50764

399:-

1

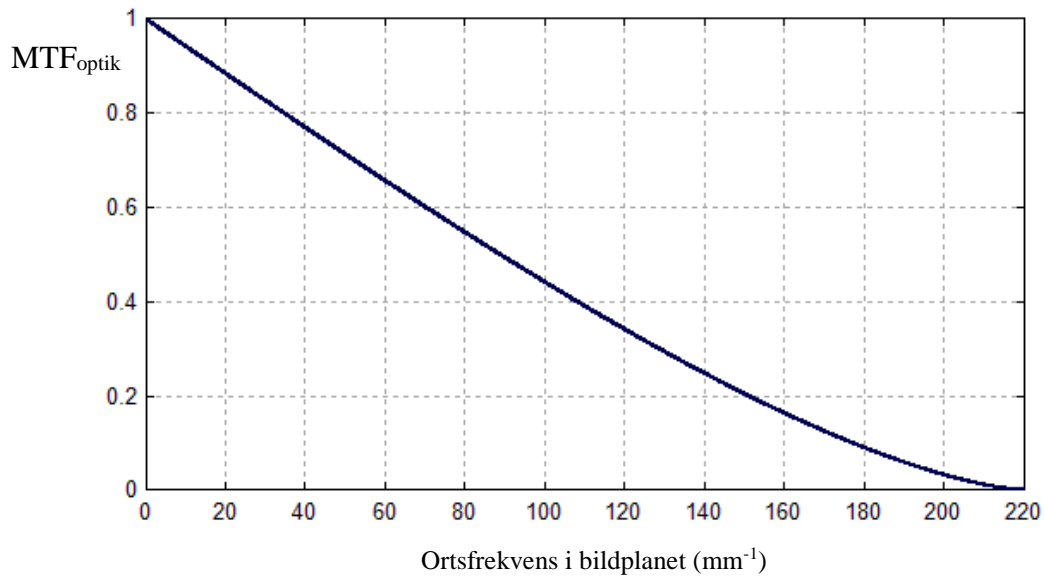
Köp

Lägg till i inköpslista

• Levereras med Micro-SD-kort

Spionpenna med inbyggd videokamera och mikrofon. Inspelningen startas och stoppas med knapptryckning på pennans topp. Videomaterial sparas i AVI-format med 1280x960-upplösning (30 MB/min). Foton sparas i Jpeg-format med 3840x2880-upplösning. Levereras med Micro-SD-kort (2 GB, upp till 1 h inspelning) och Mini-USB-kabel för laddning. Stöd för Micro-SD-kort (upp till 8 GB). Laddningstid: ca. 3 h. Batteritid: ca. 1 h. Mått 144x13,3 mm. Vikt: 30 g.

Den bästa MTF man till rimlig kostnad kan få med ett fotografiskt objektiv ges approximativt i figuren nedan (en kompromiss mellan avbildningsfel och diffraktion).

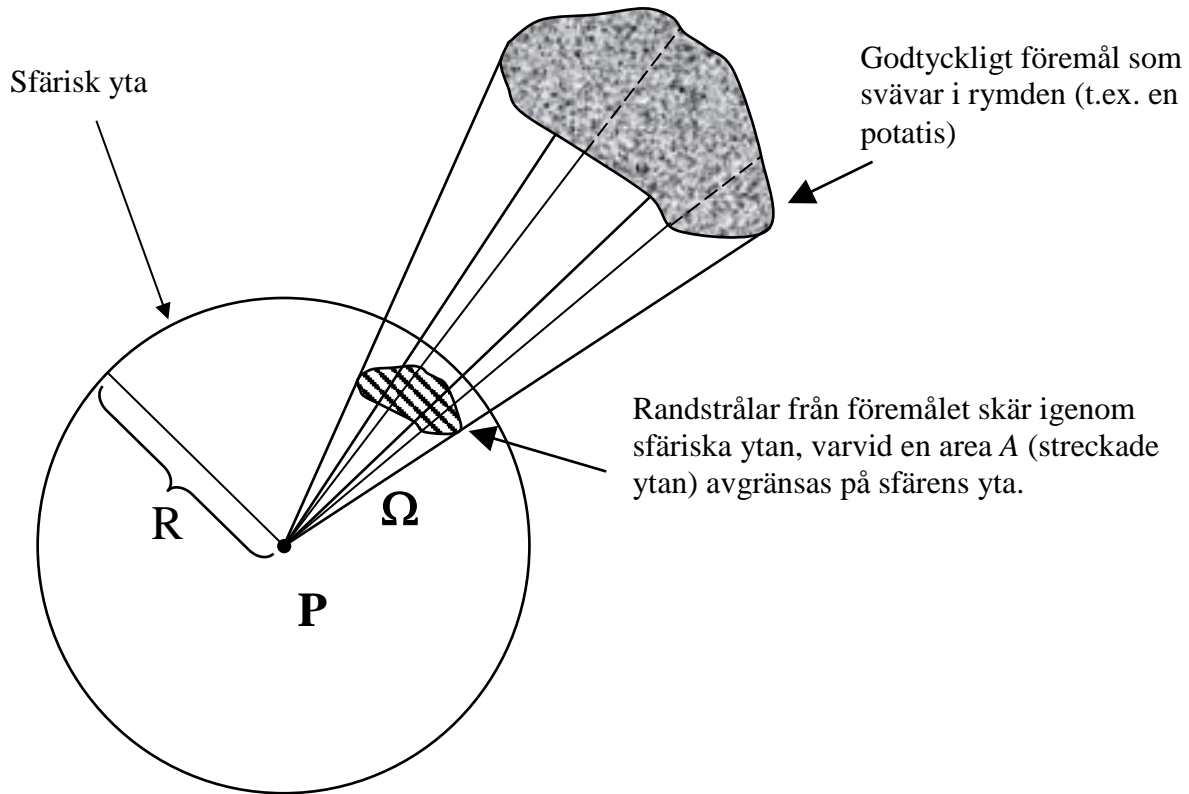


Kamerans sensor utgörs av en CCD, och här finns i princip ingen gräns för hur många eller hur små pixlar man kan tillverka. Detta innebär också att MTF_{sensor} kan bli hur bra som helst.

Hur stor måste sensorn minst vara i en kamera för att uppfylla kraven för fotografering av en A4-sida som angivits ovan, och hur lång brännvidd skulle objektivet då ha för att motsvara ”normalbrännvidd”?

Lycka till!

Kjell Carlsson

Formelblad: Radiometriska och fotometriska storheter**Begreppet rymdvinkel**

Den rymdvinkel, Ω , under vilken vi från punkten P ser föremålet definieras genom formeln

$$\Omega = \frac{A}{R^2}. \text{ Största möjliga rymdvinkel är } 4\pi. \text{ Enhet: steradian (sr).}$$

Radiometri

Utstrålning:

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

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

Instrålning:

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

Forts. på nästa sida!

Fotometri

Handlar om hur starkt ögat uppfattar strålningen (t.ex. så uppfattar vi synligt ljus, men inte ultraviolett, röntgen och infrarött). Därför omvandlas strålningseffekten med hjälp av ögats spektrala känslighetskurva. Istället för strålningseffekt, får vi då en storhet som kallas **ljusflöde**, Φ , och som har sorten **lumen** (förkortas lm).

Utstrålning:

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

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 fototal för tentamen i kurs SK1140, 2016-08-16

(Observera att lösningarna och resonemangen inte alltid behöver vara som de nedanstående. Vissa tal kan gå ut på att göra intelligenta gissningar och slutledningar. Alla lösningar som uppfyller dessa krav belönas med hög poäng. Jag har ibland också lagt till lite extra kommentarer som inte behövs för full poäng på tentalösningarna.)

Uppgift 1.

Exponering $H = E \times t$, där E är belysningen på sensorn och t är exponeringstiden. E är proportionell mot $\frac{1}{F^2}$, där F är bländartalet.

Exponeringarna 2, 4 och 5 är lika höga. Jämfört med exp. 2, så har exp. 4 en tid som är 4 gånger så lång. Belysningen är $\left(\frac{5.6}{11}\right)^2 = \frac{1}{4}$ så hög. Alltså blir produkten av belysning och tid oförändrad. I fallet 5 så är tiden ca. 8 gånger längre än i fallet 2, och belysningen $\left(\frac{5.6}{16}\right)^2 = \frac{1}{8}$ så hög. Återigen samma exponering.

Jämfört med exp. 2 så har exp. 1 hälften så lång tid, men $\left(\frac{5.6}{2.8}\right)^2 = 4$ gånger så hög belysning. Överexponering med andra ord.

Jämfört med exp. 2 så har exp. 3 dubbelt så lång tid och $\left(\frac{5.6}{11}\right)^2 = \frac{1}{4}$ så hög belysning. Underexponering med andra ord.

Uppgift 2.

- a) x-axeln visar pixelvärde (ofta 0-255). Ljusa pixlar hamnar långt till höger, och mörka pixlar långt till vänster. y-axeln visar hur många pixlar som har ett visst värde. Korrekt exponering innebär att motivets ljusaste partier har pixelvärden långt till höger på x-axeln, men inte så att vi hamnar på maxvärdet. Maxvärdet innebär bottning som ger kritvita bildpartier som saknar information. Det kan vara klokt att ha en liten säkerhetsmarginal till höger i histogrammet så att det inte slår in i väggen. (Enstaka pixlar, motsvarande en reflex i en fönsterruta eller liknande, kan man ibland låta bottna.)
- b) Fig. 2 visar överexponering. Många pixlar ligger uppe på maxvärdet, vilket gör att ljusa motivdelar ser kritvita och urfrätta ut. Motivets mörkaste delar ser mellangrå ut på bilden.
Fig. 3 visar underexponering. Många pixlar ligger nere vid värdet noll, eller i närheten av noll. Motivets mörkaste delar ser sotsvarta ut och saknar detaljer. Motivets ljusaste delar är mellangrå.
- c) Exponeringsmätare mäter upp medelvärden inom större eller mindre bildområden beroende på inställning. Dessa medelvärden försöker mätaren få till ett medelhögt värde som ska motsvara medelmotivets medelvärde. Mätaren vet ju inte om vi fotograferar t.ex. ett snölandskap som ska ha ett högre medelvärde på pixlarna än ett "typiskt" motiv med både ljusa och mörka partier blandade. Ljusa motiv tenderar därför att bli underexponerade när man följer exponeringsmätarens råd.

Uppgift 3.

(I detta tal tillåts stora variationer i resonemang och resultat.)

Låt oss först uppskatta hur lång vägsträcka vingspetsen rör sig under kortast tänkbara exponeringstid, dvs $1/8000$ sekund. Låt oss anta att vingarna rör sig från ett läge vertikalt uppåt till ett läge vertikalt nedåt. Då rör sig en vingspets längs en halvcirkel med radien 15 cm på $1/20$ sekund. Detta ger en medelhastighet av $v_{medel} = \frac{\pi \times 0.15}{1/20} = 9.4 \text{ m/s} \approx 10 \text{ m/s}$. Låt oss säga att högsta hastighet är ca. dubbelt så hög som medelhastigheten (det gäller t.ex. om hastigheten under ett vingslag varierar sinusformigt). Låt oss alltså räkna med $v_{max} \approx 20 \text{ m/s}$. Uppskattningen är alltså att det snabbaste som någon del av lärkan kan röra sig är ca 20 m/s . På tiden $1/8000$ sekund rör sig vingspetsen då maximalt ca. $s = v \times t = \frac{20}{8000} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}$.

Avbildningsskalan vid fotograferingen är $M \approx \frac{f}{a} = \frac{0.40}{50}$, vilket innebär att bilden på sensorn rör sig maximalt ca. $\frac{2.5 \times 10^{-3} \times 0.40}{50} = 2.0 \times 10^{-5} \text{ m}$. Förstoringen från sensor till dataprojektor är $M' = \frac{1.35}{0.024}$, vilket ger en sträcka av $\frac{2.0 \times 10^{-5} \times 1.35}{0.024} = 1.1 \times 10^{-3} \text{ m}$, dvs ca. 1 mm på projektionsduken, motsvarande ca. 1 pixel i projektorn. Detta torde vara helt acceptabelt, så förutsättningarna är goda för lärkfotograferingen. (Märk väl att vi har räknat på ett "worst case scenario" vad gäller rörelseoskärpan.)

Uppgift 4.

För att få ett lite plattare perspektiv än verkligheten, ska man använda ett betraktningsskavstånd som är lite kortare än vad som ger korrekt perspektiv. Om bilderna ska betraktas på ca. en halvmeters avstånd, kan vi dimensionera det hela så att vi får korrekt perspektiv på säg 50% längre avstånd, dvs 75 cm (här tillåts en hel del frihet i valet).

Huvudet och lite av överkroppen innebär en motivhöjd av säg 50 cm . Antag att fotograferingen sker på avståndet x . Samma synvinkel på fotograferingsplatsen och vid betraktande av bild på 75 cm avstånd ger: $\frac{0.50}{x} = \frac{0.30}{0.75} \rightarrow x = 1.25 \text{ m}$.

För att motivhöjden, 0.50 m , ska täcka sensorhöjden, 23.6 mm vid stående format, krävs avbildningsskalan $M = \frac{0.0236}{0.50} \approx \frac{f}{a} = \frac{f}{1.25}$, vilket ger $f \approx 60 \text{ mm}$.

Alltså kan det vara lämpligt med en brännvidd på ca. 60 mm , och ett fotograferingsavstånd på dryga metern.

Uppgift 5.

- a) Antag att lampan hålls på avståndet r från myrstacken då vi har belysningen $E = 10 \text{ lux}$.

Eftersom ljuset sprids i en halvsfär får vi $E = \frac{\Phi}{2\pi r^2}$, vilket ger $r = \sqrt{\frac{\Phi}{2\pi E}} = \sqrt{\frac{210}{2\pi \times 10}} = 1.8 \text{ m}$.

- b) Uppenbarligen behöver vi öka belysningen på sensorn med en faktor på ungefär 10 genom att använda lägre bländartal än 4.5 . Belysningen på sensorn är omvänt proportionell mot bländartalet i kvadrat. Om vi betecknar det önskade bländartalet med F , så får vi att $\left(\frac{4.5}{F}\right)^2 = 10 \rightarrow F = 1.4$. Vi behöver alltså använda ett bländartal av 1.4 , vilket betyder att objektivet's ljusstyrka (= lägsta bländartal) behöver vara 1.4 (vilket är ett mycket ljusstarkt objektiv).

Uppgift 6.

Vid filmens upplösningsgräns har linjemönstret en periodlängd av $\frac{1}{55 \times 10^3}$ m. Förstoringen film/fotopapper är $\frac{100}{24}$, vilket gör att upplösningsgränsen i papperet motsvarar en periodlängd av $\frac{100}{24} \times \frac{1}{55 \times 10^3}$. Högsta ortsfrekvensen som kan förekomma i papperet blir inversen av periodlängden, dvs $\frac{24 \times 55 \times 10^3}{100} = 1.32 \times 10^4 \text{ m}^{-1} = 13.2 \text{ mm}^{-1}$. För att undvika moiré behövs dubbelt så hög pixeltäthet, dvs $26.4 \text{ pixlar/mm} = 26.4 \times 25.4 = 670 \text{ pixlar per tum}$. (Detta klaras ganska lätt med en modern flatbäddsskanner.)

Uppgift 7.

- Flaggans blå bakgrund ger höga pixelvärden i B-kanalen, men låga i G- och R-kanalerna. Flaggans gula kors ger höga pixelvärden i G- och R-kanalerna, men låga i B-kanalen. Vi ser alltså att B-kanalen ger det önskade resultatet, dvs ljus bakgrund och mörkt kors.
- Vi vill alltså i bakgrunden ha en färg som innehåller stark B-komponent. Det har vi för färgerna blått, magenta och cyan.
Vi vill att korset ska ha en färg med svag B-komponent. Det har vi för färgerna rött, grönt och gult.
Vi skulle få önskat resultat med (bakgrund/kors): blått/rött, blått/grönt, blått/gult, magenta/rött, magenta/grönt, magenta/gult, cyan/rött, cyan/grönt, cyan/gult.
- Filmen ger samma bildresultat som enbart blåkanalen i en färgbild. Filmen var alltså enbart blåkänslig.

Uppgift 8.

MTF_{optik} har värdet 0.10 vid ca. 180 mm^{-1} . Det innebär att ett linjemönster med ortsfrekvensen 2.0 mm^{-1} på A4-papperet inte får avbildas på sensorn så att bilden av linjemönstret får en ortsfrekvens överstigande 180 mm^{-1} . Detta innebär att avbildningsskalan $M \geq \frac{2.0}{180} = \frac{1}{90}$. Bilden av A4-sidan får då minimalt ha en storlek av ca. $\frac{200}{90} \text{ mm} \times \frac{300}{90} \text{ mm} = 2.2 \text{ mm} \times 3.3 \text{ mm}$. Sensorn måste då ha minst den storleken för att kunna täcka in en hel A4-sida.

Normalbrännvidd motsvarar ungefär diagonalmåttet på sensorn, alltså $f_{\text{normal}} \approx \sqrt{2.2^2 + 3.3^2} = 4.0 \text{ mm}$.