Esamen i Fag 74181 Optikk. Torsdag 14. desember 1989

## LØSNINGSFORSLAG

**Oppgave 1**

a) $M=\begin{pmatrix}1 & -1/f_2\\ 0 & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1 & 0\\ d & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1 & -1/f_1\\ 0 & 1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1-d/f_2 & -(1/f_1+1/f_2-d/(f_1f_2))\\ d & 1-d/f_1\end{pmatrix}$

$=\underline{\begin{pmatrix}2 & -1/48\ \text{cm}^{-1}\\ 16\ \text{cm} & 1/3\end{pmatrix}}$. $P = 1/48\ \text{cm}^{-1} = \underline{2.08\ \text{m}^{-1}}$.

b) Fra a): $f=f'=\underline{48\ \text{cm}}$.

Posisjon av hovedplan fra oppgitte formler:

$D = \underline{48\ \text{cm}}$ (dvs. H ligger 48 cm til venstre for $L_1$).

$D'=\underline{-32\ \text{cm}}$. (dvs. 32 cm til venstre for $L_2$)

Forre fokalplan F ligger $D+f=\underline{96\ \text{cm}}$ til venstre for L1.

Bakre fokalplan F' ligger $D'+f'=\underline{16\ \text{cm}}$ til høyre for $L_2$.

c) Objektet ligger i avstand 2f foran H. Dermed avbildes det til en avstand 2f' bak H' med <u>forstørrelse 1</u>. (Sees lett av avbildningsligningen).

Billedavstanden blir dermed $D'+2f'=\underline{64\ \text{cm}}$ til høyre for $L_2$.

d) Vi avbilder alle aperturer til objektsiden (kunne like gjerne valgt billedsiden).

$L_1$ avbildes til seg selv. For objektpunkt på aksen utgjør aperturen til $L_1$ en vinkel på ca. 2/144 rad = 1/72 rad

$L_2$ avbildes gjennom $L_1$ til en posisjon 48 cm til høyre for $L_1$, dvs. til F' og med forstørrelse 48/12=4x. Bildet av $L_2$'s aperture har altså 16 cm diameter.
For et objektpunkt på aksen utgjør dette en åpningsvinkel på 8/(144+48) rad=1/24 rad.

<u>Minste åpningsvinkel utgjøres av $L_1$'s aperture som dermed er apertureblende.</u>

<u>Dermed må $L_2$'s aperture være feltblende.</u>

For å finne utgsangspupillen og utgangsvinduet må alle aperturer avbides til billedsiden.

<u>$L_2$'s aperture avbildes til seg selv og er utgangsvindu.</u>

$L_1$'s aperture avbildes gjennom $L_2$ til en avstand 8 cm foran $L_2$ og med forstørrelse 8/16=1/2. Utgangspupillen ligger altså 8 cm foran $L_2$ og har 2 cm diameter.

F–tall på billedsiden blir $F' = (64+8)/2 = \underline{36}$.

e) Siden vi har forstørrelse lik 1 i avbildningen kan vi like godt regne i billedplanet.
$\underline{\Delta x} = 1{,}22\lambda F' = 1{,}22 \cdot 550 \cdot 10^{-9} \cdot 36\ m = 2{,}42 \cdot 10^{-5} m = \underline{2.42 \cdot 10^{-2} mm.}$

f) Inngangspupillen utgjør en romvinkel $\Delta\Omega = \pi 2^2/(144)^2$ srad $= \pi/(72^2)$ srad.
Irradians på aksen: $5000 \cdot \Delta\Omega \cdot (0{,}97)^4\ W/m^2 = \underline{2.68\ \ W/m^2}$.

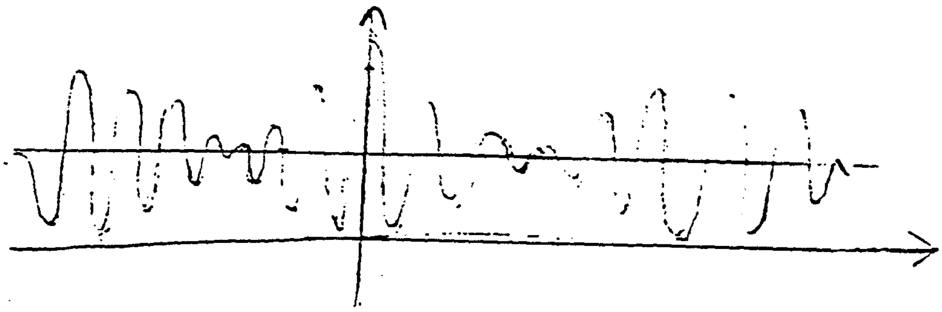
Utgangspupillen ligger 8 cm foran utgangsvinduet (feltblenden). Billedfeltvinkelen er dermed gitt av $tg\theta = 2/8$ slik at $\cos\theta = 4/\sqrt{17}$.
Irradians på kanten av billedfeltet er derfor $2{,}68 \cdot \cos^4\theta\ W/m^2 = \underline{2.37\ \ W/m^2}$.

**Oppgave 2**

a) $a \cdot \sin\Theta \approx a\Delta x/D = \lambda$. Dvs. Stripeavstand på aksen:
$\Delta x = \lambda D/a = 550 \cdot 10^{-9} \cdot 1/10^{-3} m = \underline{0.55\ \ mm}$.

På kanten av skjermen $a \cdot \sin\theta = n\lambda$, $\sin\theta = 1/\sqrt{5}$. Dvs. $n_{max} = \text{int}(a \cdot \sin\theta/\lambda) = 813$.
Totale antall striper $2n_{max}+1 = \underline{1627}$ ($n_{max}$ på hver side + 0.te orden).

b)



Gangforskjell på kanten $\Delta s = a \cdot \sin\theta = 1mm/\sqrt{5} = 0{,}4472$ mm. Stripene forsvinner på kanten første gang når stripemønstrene for de to bølgelengdene akkurat er i motfase der, dvs. når $2\pi(1/\lambda_1 - 1/\lambda_2)\Delta s = \pi$, eller for $\lambda_2 = \frac{2\lambda_1 \Delta s}{2\Delta s - \lambda_1} = \underline{550.338\ \ nm.}$

c) Ved en kontinuerlig frekvensfordeling får vi første nullpunkt i visibilitetsfunksjonen på samme sted som for de to frekvensene. Koherenslengden blir derfor $l_l=\Delta s=0{,}4472$ mm.

d) Ifølge van Cittert Zernike teoremet skal kilden fylle en apertur som er akkurat så stor at Rayleigh grensen for den tilsvarende avbildningsaperturen blir lik hullseparasjonen, dvs. 1 mm = $1{,}22\lambda$ $F=1{,}22\lambda/(2\mathrm{tg}(\theta/2))$. Dvs: $2\mathrm{tg}(\theta/2)=1{,}22\lambda/1\mathrm{mm}=1{,}22\cdot 550\cdot 10^{-9}/10^{-3}$ og $\theta \approx 2\mathrm{tg}(\Theta/2) = 0.67\cdot 10^{-3}$ rad = 2.30 bueminutter .

e) For å få god stripevisibilitet må kildens vinkelutstrekning være mindre enn 2,30 bueminutter, f.eks. det halve av dette. Da må avstanden være dobbelt så stor som $10^2/0{,}67$ m = 149,25 m, dvs. større enn 300 m !

f) Longitudinal koherens bestemmes av kildens spektrum, transversal koherens bestemmes av kildens utstrekning.
For å øke longitudinal koherenslengde må kildens spektrale båndbredde reduseres, f.eks. ved bruk av et filter.
For å øke transversal koherenslengde må kildens vinkelutstrekning minskes, f.eks. ved å minske dens areal eller øke avstanden.