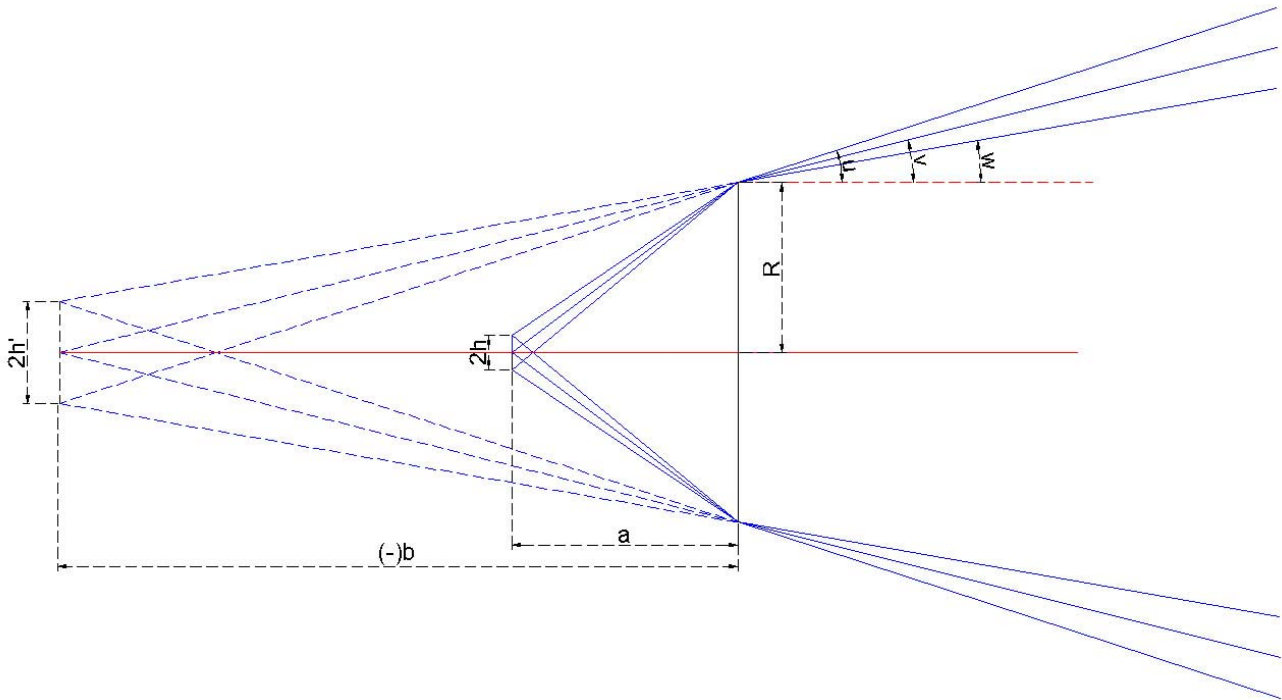


Spotlights och strålkastare

Spot och flod

Alla typer av strålkastare eller spotlights innebär att man med linser eller krökta speglar riktar ljuset till en eller mindre smal kon. Detta modelleras lättast genom att se hur det fungerar i en lins.

Lampan har glödtrådslängd = $2h$ (brukar vara några mm upp till ca 10mm) och placeras innanför fokus (närmre linsen än fokus). Detta innebär att bilden blir virtuell och förstorad. Denna bild används för att konstruera hur strålarna beter sig efter linsen. Betrakta fig.



De numeriska värden som används i fig är $h=5\text{mm}$, $f=100\text{mm}$, $R=50\text{mm}$ och $a=67\text{mm}$. Bildavståndet ges av linsformeln

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow b = \frac{af}{a-f} = -200\text{mm}$$

Bildstorleken ges av

$$h' = h \frac{-b}{a} = h \frac{-f}{a-f} = h \frac{f}{f-a} = 15\text{mm}$$

Obs alltså att bilden inte ska hamna på den yta man belyser med spoten utom i det fall att man vill ha maximalt liten spot (visas senare).

Efter linsen beter sig strålarna från lampan som om de kom från bilden av lampan. (Det är det som är innebörden av begreppet bild) Vi ser nu från figuren att ljus från olika delar av lampan sprids olika mycket och vi får tre spridningsvinklar:

u = den vinkel något ljus sprids i

v = den vinkel där ljusintensitet gått ner till hälften

w = den vinkel ut till vilken man har full belysning

Geometrin ger nu

$$u \approx \tan u = \frac{R + h'}{-b} = \frac{R + \frac{hf}{f-a}}{\frac{af}{f-a}} = \frac{R(f-a) + hf}{af}$$

$$v \approx \tan v = \frac{R}{-b} = \frac{R(f-a)}{af} \quad \text{och} \quad w = \frac{R(f-a) - hf}{af}$$

Dessa ekvationer kallas ibland strålkastarekvationerna.

Motsvarande spotstorlek fås genom att räkna ut hur långt från spotmitt dessa strålar träffar.

Dvs

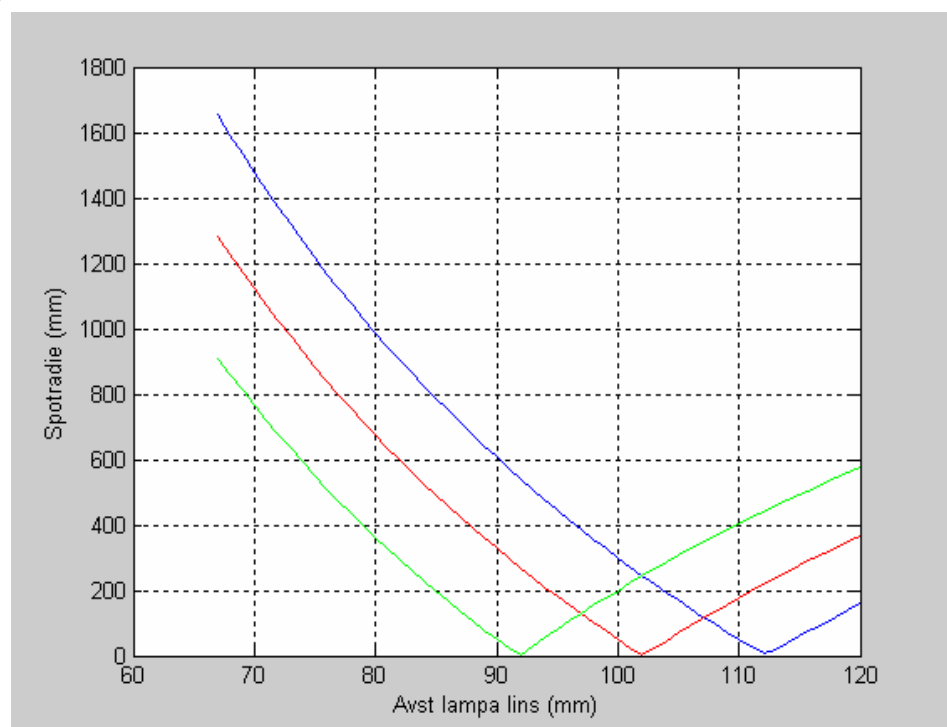
$$R_{spot,(u,v,w)} = R + L \tan(u, v, w)$$

Där L är avståndet till den belysta ytan och man sätter in u, v eller w beroende på vilken radie man vill beräkna.

När lampen kommer i närheten av fokus till linsen stämmer inte ovanstående längre, utan det man kan säga då är att spotradien kan uppskattas med den som är som ur störst av absolutbeloppet av R_u , R_v eller R_w . Dessa blir nämligen negativa i närheten av fokus vilket betyder att motsvarande stråle skurit symmetriaxeln.

Plottar

absolutbeloppen vi får vi figuren här intill.



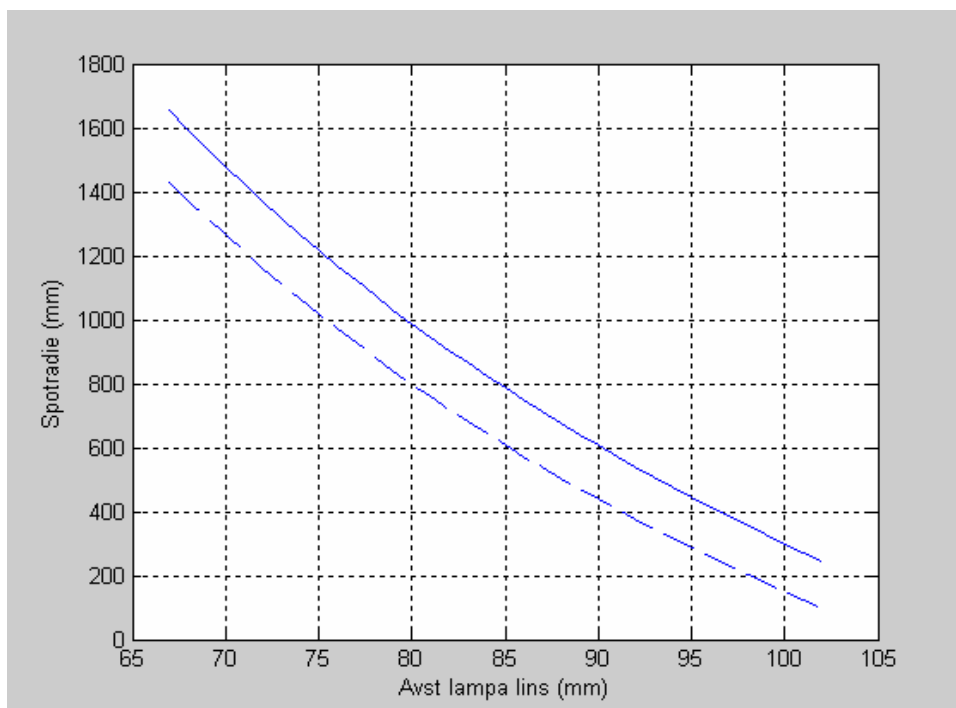
Vi ser också att spoten är som minst då avståndet lampa lins är ca 102mm vilket är det avstånd man får om man sätter in L som bildavstånd i linsformeln och räknar ut objektsavståndet. Linsformeln ger då förstoringen $M = 5000\text{mm} / 102\text{mm} = 49$ ggr, dvs spotradien borde vara 245mm vilket stämmer hyggligt bra med kurvorna.

Man ser också att om man ökar avståndet utanför det som ges av linsformeln får man återigen en stor spot. Denna är dock mindre ljusstark eftersom linsen upptar en mindre vinkel sett från lampen och alltså leder en mindre andel av lampljuset vidare.

Den parameter som är viktigast är lysande ytan på lampan (dvs glödtrådens storlek). Detta gäller i synnerhet om man ligger nära fokus.

I fig härintill har vi plottat radien för $h=5\text{mm}$ resp $h=2\text{mm}$ (streckad)

En liten lysande yta hos glödlampan betyder också att ytterkanten på det belysta området blir mer distinkt.



Ljusekonomi

Om man vill ha en uppfattning om hur stor andel av lampans ljus som transporteras vidare av linsen kan man jämföra linsytan (i vårt fall blir den 7850mm^2) med ytan av en sfär som har radie = avstånd lampa – lins (vilket i vårt fall blir 126000mm^2). Kvoten mellan dessa båggetal (i vårt fall ca 6%) anger hur stor del som nyttiggörs. Allmänt gäller att ju större och starkare (och alltså dyrare) lins man väljer desto bättre. Fördubblar man linsradien så fördubblas andelen. Oavsett vilket vill man ofta förbättra detta vilket kan göras genom att man bakom lampan (till vänster i fig) placerar en krökt spegel med krökningscentrum i lampans mitt. Detta fördubblar nyttiggjord andel. Teaterstrålkastare görs nästan alltid på detta sätt.

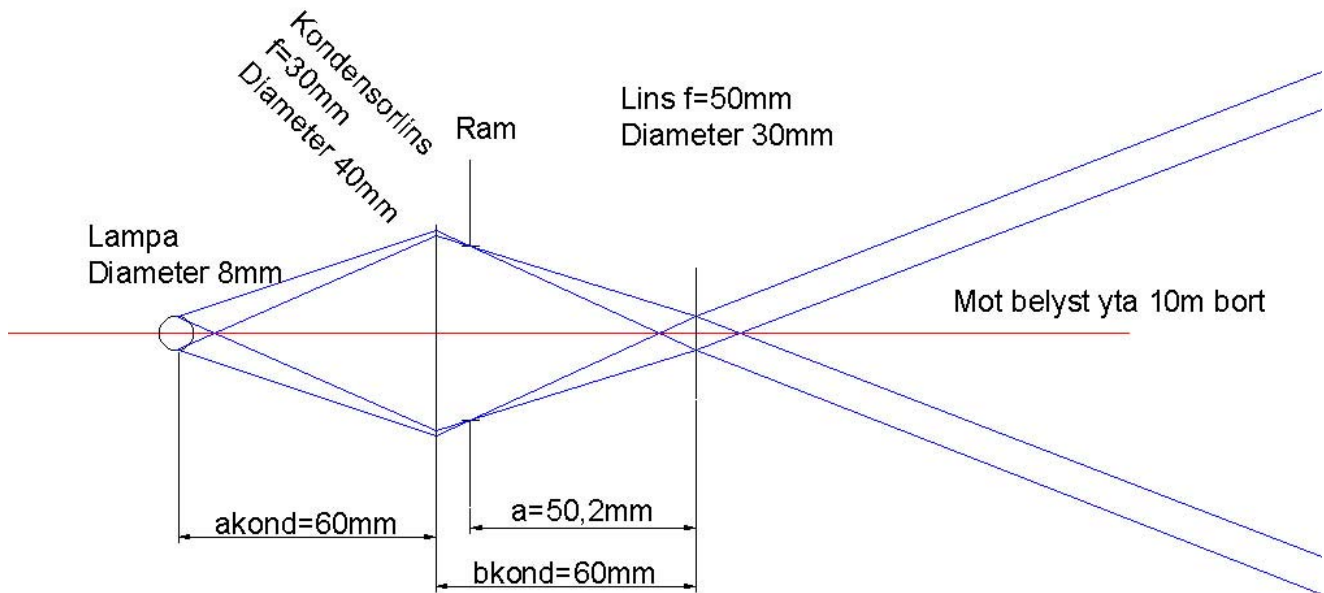
Vill man å andra sidan ha en strålkastare som inte är omställbar mellan "spot" och "flod" kan man i stället använda en parabolisk spegel, som då ersätter både spegel och lins, som kan fånga upp betydligt mer av ljuset (uppemot 60%), men som inte är omställbar. Extraljus till bilar och så kallade sökljus är ofta gjorda på detta sätt.

Linser och speglar som inte är optimalt utformade leder oftast till att den belysta fläcken får mycket ljus samlat i en ring med ett mörkare avsnitt innanför. Detta kan ju vara en trevlig effekt men är normalt inte eftersträvänsvärt.

Ytterligare en lösning som börjar bli vanlig att leda ljus från en centralt belägen lampa, med adekvat kylning (som då inte behöver bullra mm) genom fiberbuntar fram till en armatur där man med en lins kan skapa de belysningsfält man vill ha.

Effektspotar

In många sammanhang (reklam, teater, viss butiksbelysning) vill man ha så kallade effektstrålkastare som belyser en yta med en viss form (rektangulär t ex)
Då gör man som i fig nedan:



Lampan avbildas med hjälp av en kondensorlins på den avbildande linsen (objektivet). Designen innebär att man börjar med objektivet fokallängd som ofta är 50mm. Därefter görs en ram som har den form man vill att den belysta ytan ska ha. I detta fall ska den belysta ytan ligga i bildplan till ramen. Man räknar alltså ut a med linsformeln och kan direkt använda förstoringen i denna för att beräkna den belysta fläckens storlek.

Så nära ramen som det är praktiskt möjligt placeras en kondensorlins (eller två) vars uppgift är att avbilda lampan på objektivet. Med det vinner man två saker:

Dels samlas ljuset så att ytan blir jämnt belyst och dels förbättras ljusekonomin.

Vill man sedan ha varierbar förstoring kan man välja ett zoombart objektiv och då kan man ändra storlek på den belysta fläcken och ändå bibehålla formen. Naturligtvis kan även denna uppställning defokuseras så att man får flodljus.