

# Geometrisk optik

Rene Czepluch\*, Laurits N. Stokholm† og Rasmus Klitgaard‡

## 1 Introduktion

Denne øvelse omhandler geometrisk optik med udgangspunkt i linser og tyndlinseformlen. Der undersøges linser af forskellige brændvidder, og til sidst vil der blive beskrevet opstillingen af et teleskop samt teorien bag.

## 2 Teori

Optik er læren om lyset og dens opførsel. En underkategori af optik er geometrisk optik, som bruger geometri og trigonometri som primære redskaber. I dette forsøg vil der tages udgangspunkt i geometrisk optik, og hertil skal vigtige begreber som *billeder*, *linser* og *brændvidder* defineres. Det vil blive gjort i de følgende afsnit.

### 2.1 Objekter

Et objekt defineres som værende en genstand hvorfra lys kan radiere. De kan være selvlysende eller reflekterende. Ligeledes skelnes der mellem punktojekter, som ingen fysiske dimensioner har, og udvidede objekter, som indebærer alle reelle objekter der har udbredte dimensioner. Sidstnævnte kan betragtes som en klumpning af et  $N$  antal punktojekter, hvor  $N$  er et stort tal.

### 2.2 Billeder

Hvis et objekt udstråler lys på en reflekterende overflade, vil der af Snells lov gælde, at lyset reflekteres ved en vinkel. Det reflekterede lys vil danne et billede, hvorfor objektet ser ud til at komme fra et nyt punkt. Dette princip genkendes fra dagligdagen i spejle.

Billeder kan også dannes ved refraction. Når lyset fra objektet bevæger sig i et stof med indeks  $n_1$  og rammer den refrakterende overflade med indeks

$n_2$ , vil lyset alt efter forholdet mellem de to indicer enten spredes (såfremt  $n_1 > n_2$ ) eller samles (hvis  $n_1 < n_2$ ). Dette er princippet bag linser, hhv. konvekse og konkave.

I forsøget vil objektet være udstrakt og af formen som en pil. Højden fra spids til hale kaldes for  $y$  af objektet og  $y'$  af billedet. Ratioen af billedet og objektets højde definerer forstørrelseskonstanten,  $m$ , som

$$m \equiv \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \quad (1)$$

Hvis objektets og billedets pile har samme retning, vil billedet være *erekt*, og modsat kaldes det for *invers*. For at gøre billedet inverst, må højderne have forskellig fortegn, hvorfor  $m$  er negativ..

En vigtig egenskab ved billeder er, at de kan være objekter for en anden overflade og dermed et andet billede. Dette udgør en grundpille for geometrisk optik, og er fundamentet for mikroskoper samt refraktions teleskoper.

### 2.3 Fokal– punkt og længde

Det viser sig at parallelle stråler konvergerer efter refleksion til et punkt kaldet fokuspunktet (også kaldt brændpunktet), som betegnes  $F$ . For en sphærisk flade vil  $F$  være i en afstand  $\frac{R}{2}$  fra  $V$ , hvor  $V$  er fladens vertex, altså centrum af kurven. Afstanden kaldes for fokallængden, og  $R$  betegner her krumningsradien.

Dette er et essentielt princip i optik, som har mange egenskaber. Enhver stråle som er parallel med den optiske akse, vil reflekteres gennem  $F$ . Dette argument kan vendes, da lyset vil følge samme vej, hvorfor at enhver indkommende stråle, som løber gennem  $F$  også vil reflekteres parallel med den optiske akse. Dette er eksakt for parabolske spejle, og en fin antagelse for sphæriske spejle såfremt strålerne er paraksiale (vinklen  $\alpha$  er lille).

Det gælder, at forholdet mellem brændpunktets afstand, og objektets afstand

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \quad (2)$$

\*rene.czepluch@post.au.dk

†laurits.stokholm@post.au.dk

‡rasmus.klitgaard@post.au.dk

## 2.4 Teleskopet

Teleskopet har til formål at vise objekter ved store afstande. Der er forskellige former for teleskoper, men da der kun tages udgangspunkt i det refrakterende teleskop i forsøgsdel 2, vil også kun denne beskrives i dette afsnit.

Et objekt som antages at være langt nok væk så paraksial approksimationerne gælder, stråler ind på en linse som samler strålerne til et reduceret billede af objektet. Dette billede skal nu være objekt for den næste linse, som forstørrer objektet i et virtuelt billede. Det er dette billede som bør opfattes med øjet.

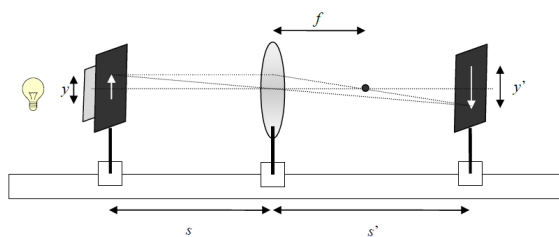
Forstørrelseskonstanten defineres som ratioen af den vinkel øjet uden teleskop ville se billedet, samt vinklen med teleskopet. Dette kan også skrives

$$M = -\frac{f_1}{f_2} \quad (3)$$

At  $M$  er negativ svarer til at billedet er invertet, altså ikke erekt. Det ses af ligning 3, at et teleskop skal have en lang fokallængde,  $f_1$ , og en kort objekt brændvidde, for at opnå en god forstørrelse. Dog skal diameteren af teleskopet også justeres, så  $D$  forstørres ved store fokallængder.

For at opnå et erekt billede, som man kender det fra en kikkert, skal lyset reflekteres flere gange langs den vej fra objekt til øje.

## 3 Eksperimentel Opstilling



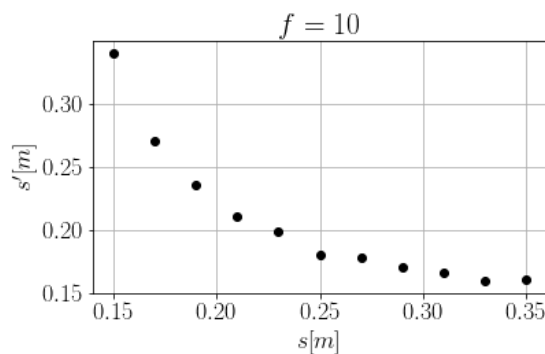
**Fig. 1:** Billede af opstillingen. Alt opstillet på en optisk bänk. Fra venstre: En lyskilde, en maske, en linse og til slut en skærm.

På figur 1, ses et billede af opstillingen. Alle elementer monteres på en optisk bänk. I forsøg 1, afbildning med én samlelinse, anvendes en pære som lyskilde. Lyset føres igennem en maske, hvorpå der er en særk/diffusor anvendes. Til slut føres lyset igennem en linse, hvorpå det resulterende lys samles på en skærm. I forsøg 2, forstørrelsesglas, anvendes det omgivne lys som lyskilde. Masken er fjernet, og erstattet af endnu en linse. Denne gang observeres lyset blot direkte, ved at kigge igennem linserne, frem for at observere det på en skærm.

## 4 Databehandling

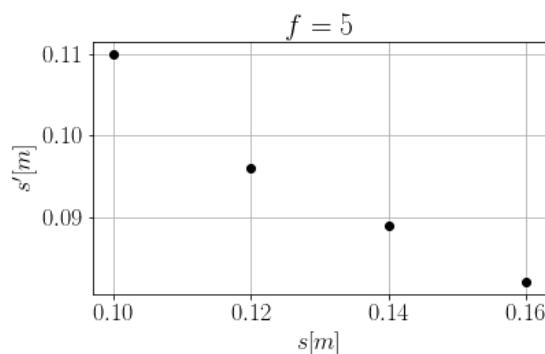
### 4.1 Afbildning med én samlelinse

I dette forsøg, ændres positionen for linsen hvorefter skærmens position ændres, så billedet igen står skarpt. Der ønskes altså at undersøge sammenhængen mellem ligning 2. Afstanden skiftes, mens  $s$  og  $s'$  bestemmes, så billedet står skarpt igen på skærmen. Sammenhængen mellem  $s$  og  $s'$  for brændepunktet  $f$  kan ses på figur 2.



**Fig. 2:** Resultater af forsøg 1.

Ved figur 2 er forsøget angivet for datasæt1, hvor  $f = 10$ . Eksperimentet gentages desuden for datasæt2 hvor  $f = 10$ . Kun 4 Datapunkter, da vi ellers vil overskride lysbænkens længde.



**Fig. 3:** Resultater af forsøg 2.

Da fokuspunktet blev vurderet på øjemål, var det vores vurdering at det ikke kunne bestemmes til en sikkerhed på mindre end  $\pm 1$  cm. På figur 4 ses målingerne med usikkerheden.

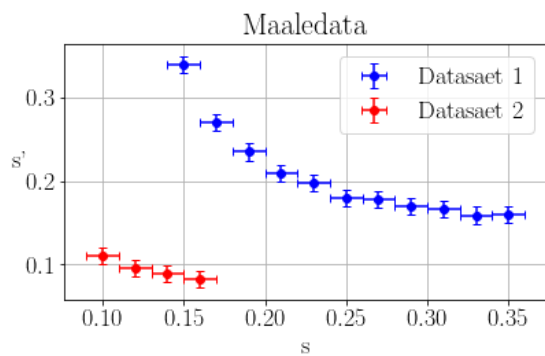


Fig. 4: Usikkerhed for målinger

Der ses nu på datasæt 1. For at bestemme brændvidden for linsen plottes  $\frac{1}{s'}$  som funktion af  $\frac{1}{s}$ . Da kan vi lave et fit med en ret linje, hvis skæring med 2. akse vil netop være  $\frac{1}{f}$ . Dette kan ses på figur 5. Samme gentages for Datasæt 2 på figur 6.

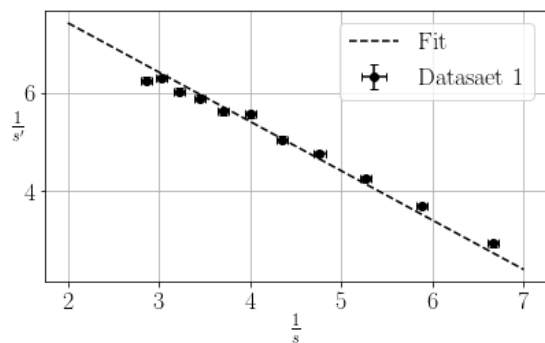


Fig. 5

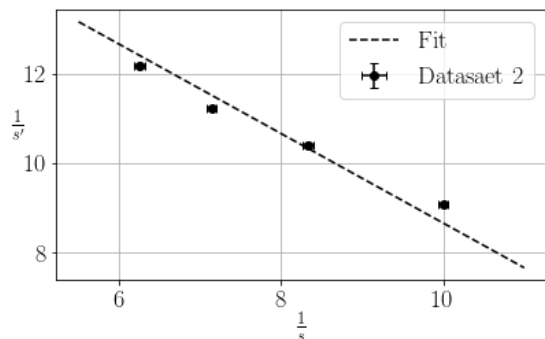


Fig. 6

for datasæt 1 og 2 til at være

$$f_{10} = 10,6 \pm 3,5 \text{ cm}$$

$$f_5 = 5,4 \pm 3,9 \text{ cm}$$

hvor usikkerhederne er bestemt vha. ophobningsloven.

Ser vi på ligning 1, så ses det at man kan plotte  $\frac{y'}{y}$  som funktion af  $-\frac{s'}{s}$ . Hvis data understøtter dette kan man tegne en ret linje med hældning 1 som burde skære datapunkterne perfekt. Dette ses på figur 7.

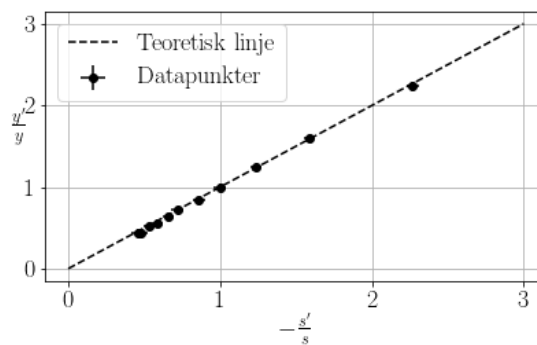


Fig. 7

Det ses på figur 7 at linjen ligger godt på datapunkterne, måske med en lille fejl ved de lavere værdier.

## 5 Diskussion

forsøg 2, forstørrelsesglas

## 6 Konklusion

Da findes fokallængderne eksperimentiel til at være