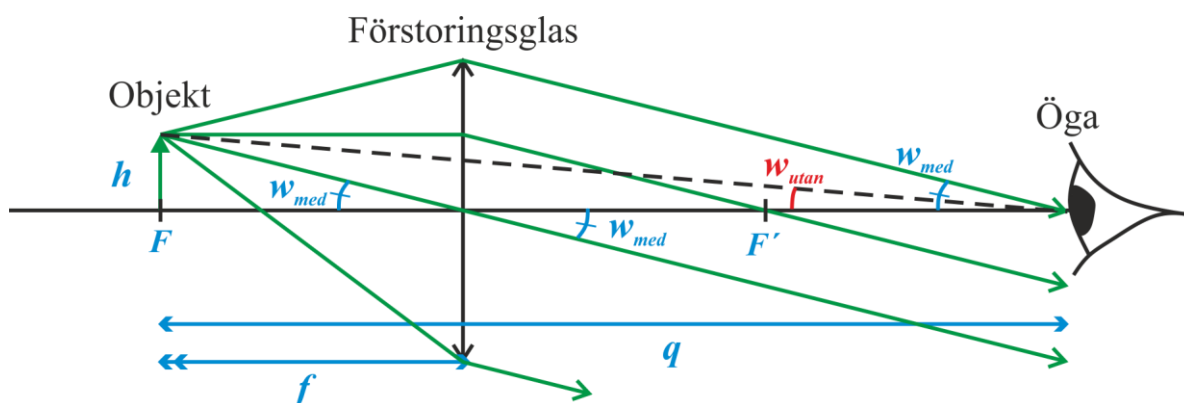


## Föreläsning 13 (kap 6.3-6.4 i Optics)

Bildstorleken på näthinna bestäms av objektets synvinkel mot ögat. För att kunna se riktigt små objekt (eller mycket avlägsna) måste vi använda visuella instrument som har till uppgift att öka synvinkeln mot ögat för ett givet objekt. Vi vill alltså förstora synvinkeln – detta kallas *vinkelförstoring*. Vinkelförstoring är ett viktigt begrepp för alla instrument man tittar igenom, förstoringsglas, lappar, mikroskop, kikare, glasögon mm.

### Förstoringsglas - vinkelförstoring för närliggande objekt

Ett förstoringsglas är en ensam positiv lens som handhållen används för att förstora ett närbeläget objekt. Vanligast är att man placerar objektet i förstoringsglasets främre fokalkpunkt så att (mellan)bilden som ögat tittar på ligger i oändligheten (se figuren nedan).



### Vinkelförstoring

Vinkelförstoringen ( $M$ ) är hur mycket större någonting ser ut att vara när man tittar genom ett visuellt instrument:

$$M = \frac{\text{Synvinkel med instrument}}{\text{Synvinkel utan instrument}}$$

Gäller allmänt

För förstoringsglas får vi:

$$\text{synvinkel med instrument} = w_{med} = -\frac{h}{f} = \frac{h}{f'}$$

$$\text{synvinkel utan instrument} = w_{utan} = \frac{h}{q}$$

$$M = \frac{w_{med}}{w_{utan}} = \frac{q}{f'}$$

Gäller förstoringsglas med fokallängd  $f'$

[Exempel: Förstoringsglas med styrka  $F = +4D$ , avstånd till tidning  $q = 40\text{cm}$

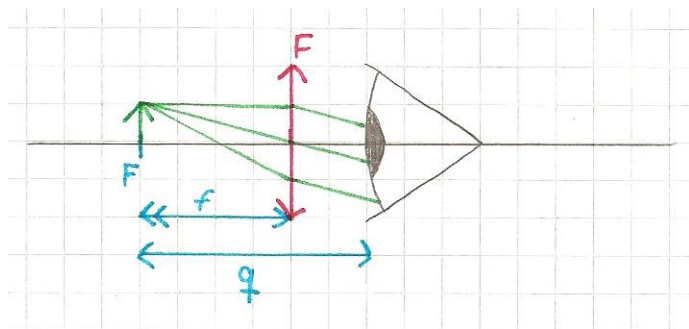
$$\Rightarrow f' = 0,25\text{ m} \Rightarrow M = \frac{0,40}{0,25} = 1,6\text{ ggr.}]$$

### Synfält med förstoringsglas

Förstoringsglas har en diameter på 5-10 cm, vilket är betydligt större än ögats pupill. Ögat är AS i systemet förstoringsglas-öga och förstoringsglaset blir då FS. Diametern på förstoringsglaset bestämmer alltså synfältets storlek.

### Lupp (starkt förstoringsglas) - vinkelförstoring för närliggande objekt

Lupp är benämningen på ett starkt förstoringsglas (ca 20-50 D). En lupp hålls alltid nära ögat för att ge så stort synfält som möjligt.



Eftersom  $q$  i figuren ovan är nästan densamma som  $f'$  för luppen får vi med formeln för förstoringsglasets vinkelförstoring:

$$M = \frac{q}{f'} \approx 1$$

Ett sådant resultat verkar orimligt. Objektet befinner sig för nära ögat (några cm) för att formeln ska ge ett användbart resultat. Man kan inte jämföra synvinkel *med* instrument och *utan* instrument som förut eftersom objektet är för nära för att ögat skall kunna se det utan instrument. Då får man istället göra följande:

$$M = \frac{\text{Synvinkel med instrument}}{\text{synvinkel utan instrument med objektet på 25 cm avstånd}}$$

(Denna formel gäller visuella instrument där objektet utan instrument befinner sig närmare ögat än 25 cm, exempelvis lupp och mikroskop.)

$q = 25$  cm anses vara komfortabelt näravstånd för de flesta personer.

Luppens förstoring är med denna definition:

$$M = \frac{q = 25\text{cm}}{f'} = \frac{0.25}{f'} = \frac{1}{4f'} = \frac{F}{4}$$

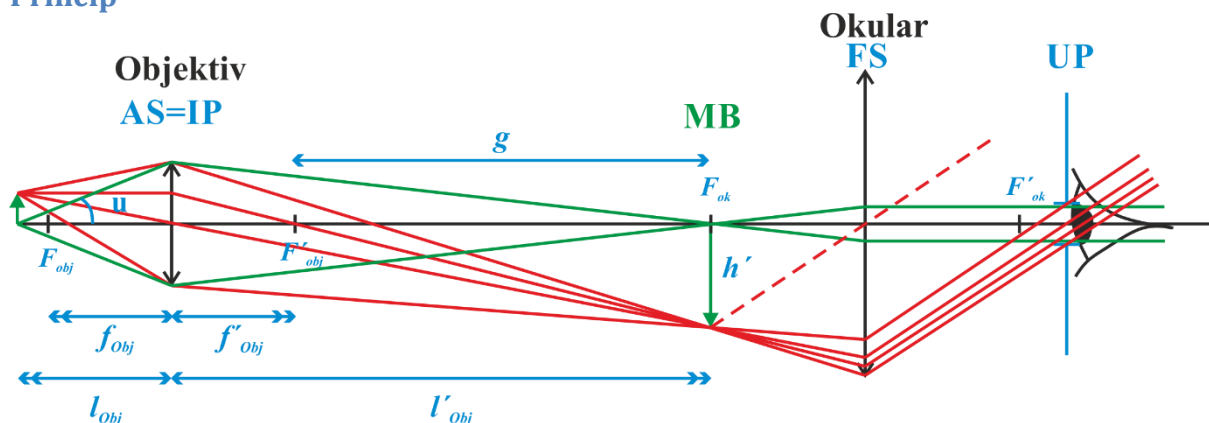
$$M = \frac{F}{4}$$

Gäller lupp

## Mikroskop – vinkelförstoring för närliggande objekt

För att få 100 ggr vinkelförstoring i luppen krävs en fokallängd på  $f'_{\text{lupp}} = 2,5$  mm. Det ger ohanterligt små linser. Ännu större förstoringar blir nästan omöjligt. I mikroskopet används därför istället två linser så att förstoringen sker i två steg: först genom objektivet sedan genom okularet.

### Princip



Objektivet ger en reell, förstörd mellanbild av objektet.  
(Objektet sitter nära objektivets främre fokuspunkt för att ge stor förstoring).

Okularet fungerar som en lupp för att titta på mellanbilden.

$g$  = optisk tubllängd (kan även betecknas med  $x'_{obj}$ )

### Vinkelförstoring

Lateral förstoring i objektivet

$$m_{obj} = \frac{h'}{h} = \frac{l'_{obj}}{l_{obj}} = -\frac{g}{f'_{obj}}$$

$$h' = -\frac{g}{f'_{obj}} \cdot h$$

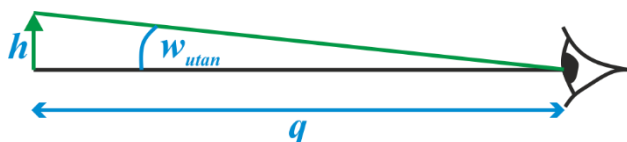
Synvinkel med instrument

$$w_{med} = \frac{h'}{f'_{ok}} = -\frac{g}{f'_{obj} \cdot f'_{ok}} \cdot h$$

(tangens kan skippas då vinklarna små)

Synvinkel utan instrument

$$w_{utan} = \frac{h}{q}$$



Vinkelförstoring

$$M = \frac{w_{med}}{w_{utan}} = -\frac{g \cdot q}{f'_{obj} \cdot f'_{ok}} = m_{obj} \cdot M_{ok}$$

Alla längder skall som vanligt räknas i samma enhet och för mikroskop sätts alltid  $q$  till 0,25 m

## Ljushmängd och synfält

Objektivet är alltid AS i mikroskop och okularet är alltid FS.

Var skall man placera ögat?

**Ögat placeras vid UP, det ger bästa synfält!** Detta gäller alla visuella instrument.

## Märkning av objektiv och okular

### Objektiv

Exempel på märkning: **160/0,17 16/0,32**

160/0,17 = optisk tublängd  $g$  / täckglasets optimala tjocklek

16/0,32 = förstoring ( $m_{obj}$ ) / NA numeriska aperturen ( $n \cdot \sin u = NA$ )

$$f'_{obj} = \frac{g}{m_{obj}} = 10 \text{ mm i detta fall.}$$

### Okular

Exempel på märkning: **10x**

$$10x = \text{vinkelförstoringförstoring} = M_{ok} = \frac{F_{ok}}{4} \Rightarrow F_{ok} = 40D \text{ i detta fall.}$$