



LUNDS UNIVERSITET  
Lunds Tekniska Högskola

# F3 Optiska instrument

GEOMETRISK OPTIK



# Dagens föreläsning

---



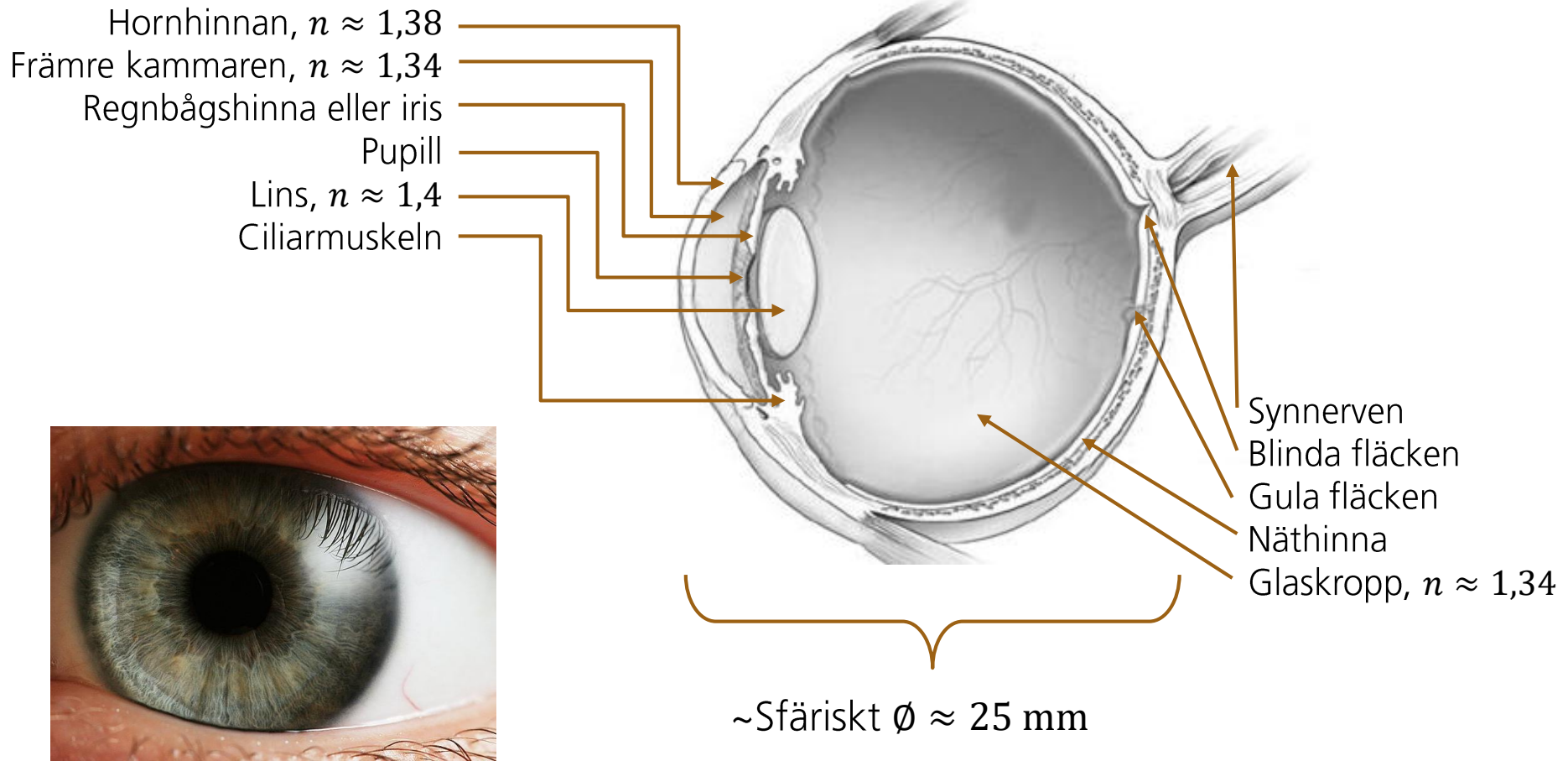
- F1 – Reflexion och brytning
  - F2 – Avbildning med linser och speglar
  - F3 – Optiska instrument
- 



- Ögat
- Kameran och skärpedjup
- Luppen och vinkelförstoring
- System av två tunna linser
  - Mikroskopet
  - Kikaren

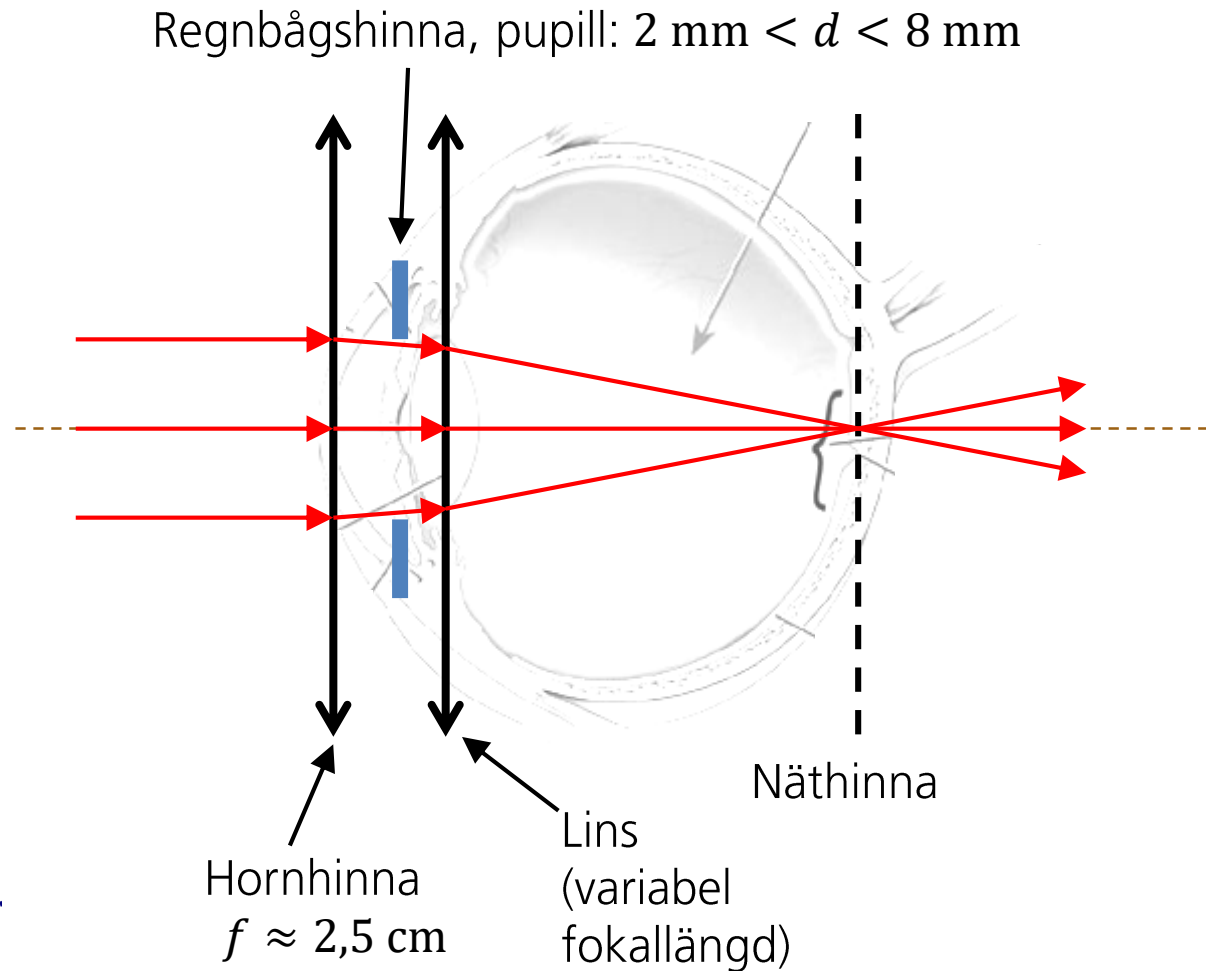
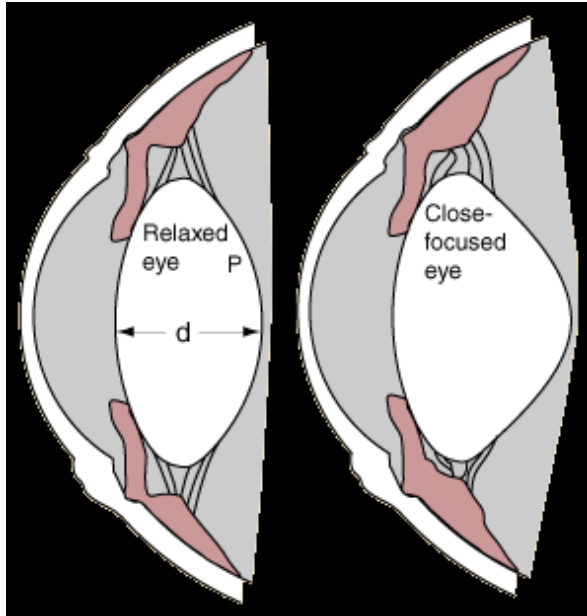


# Ögat



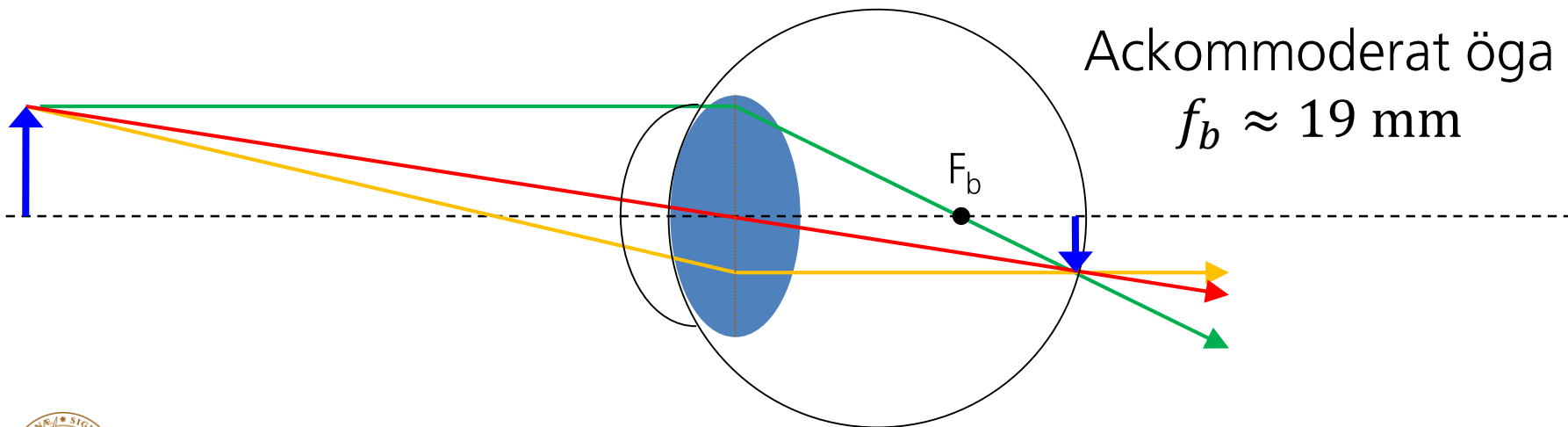
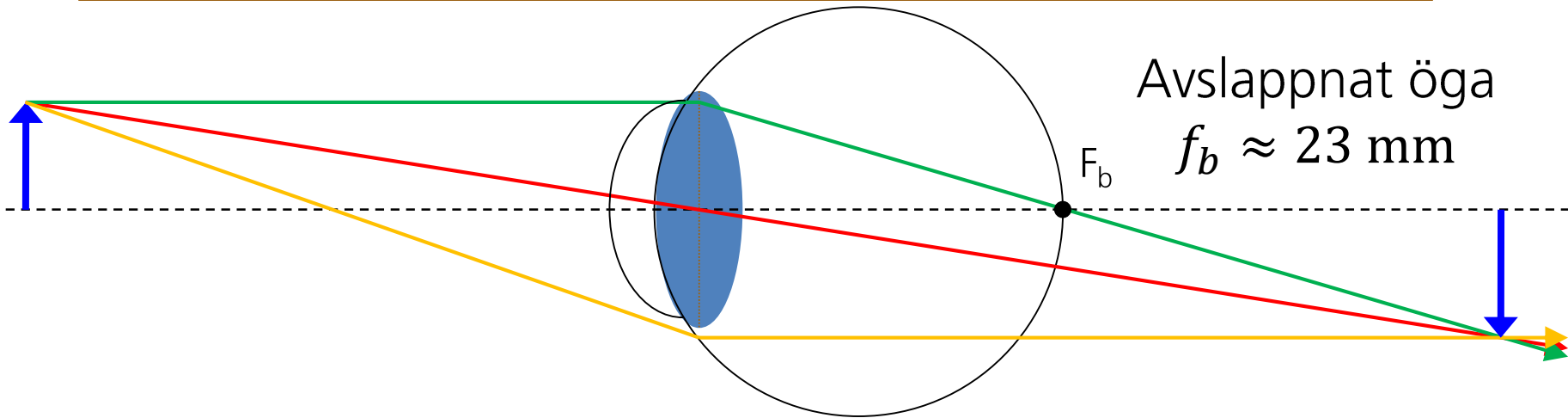
# Ögat

## Optiskt system



# Ögat

## Förenklat optiskt system



# Exempel

## Ögats närpunkt

---

**Definition:** Ögats närpunkt är den närmast punkt vid vilket ett objekt kan placeras och ge en skarp bild.

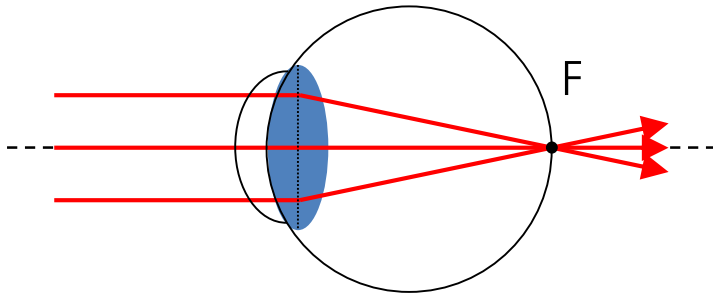
Var ligger närpunkten hos en person som ser avlägsna föremål skarpt med avslappnat öga och där ögats bildbrännvidd varierar mellan 19 mm och 23 mm då ögat är ackommoderat respektive avslappnat? Mät avståndet från hornhinnan.



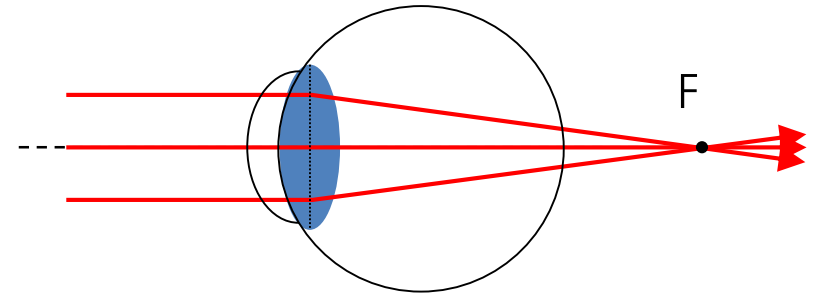
# Synfel

## Sfäriska synfel

### Rättsynt (emmetropi)

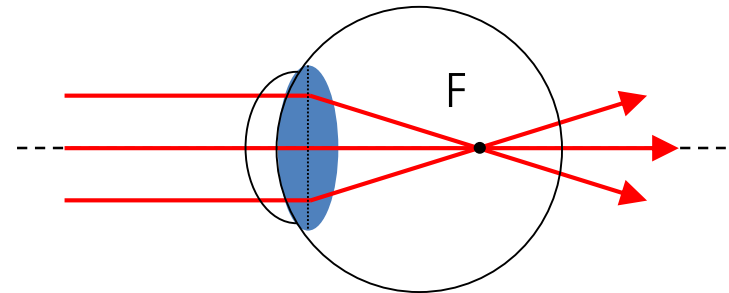


### Långsynt (översynt, hyperopi)



Kan korrigeras med sfäriskt slipad lins

### Närsynt (myopi)



Kan korrigeras med sfäriskt slipade linser

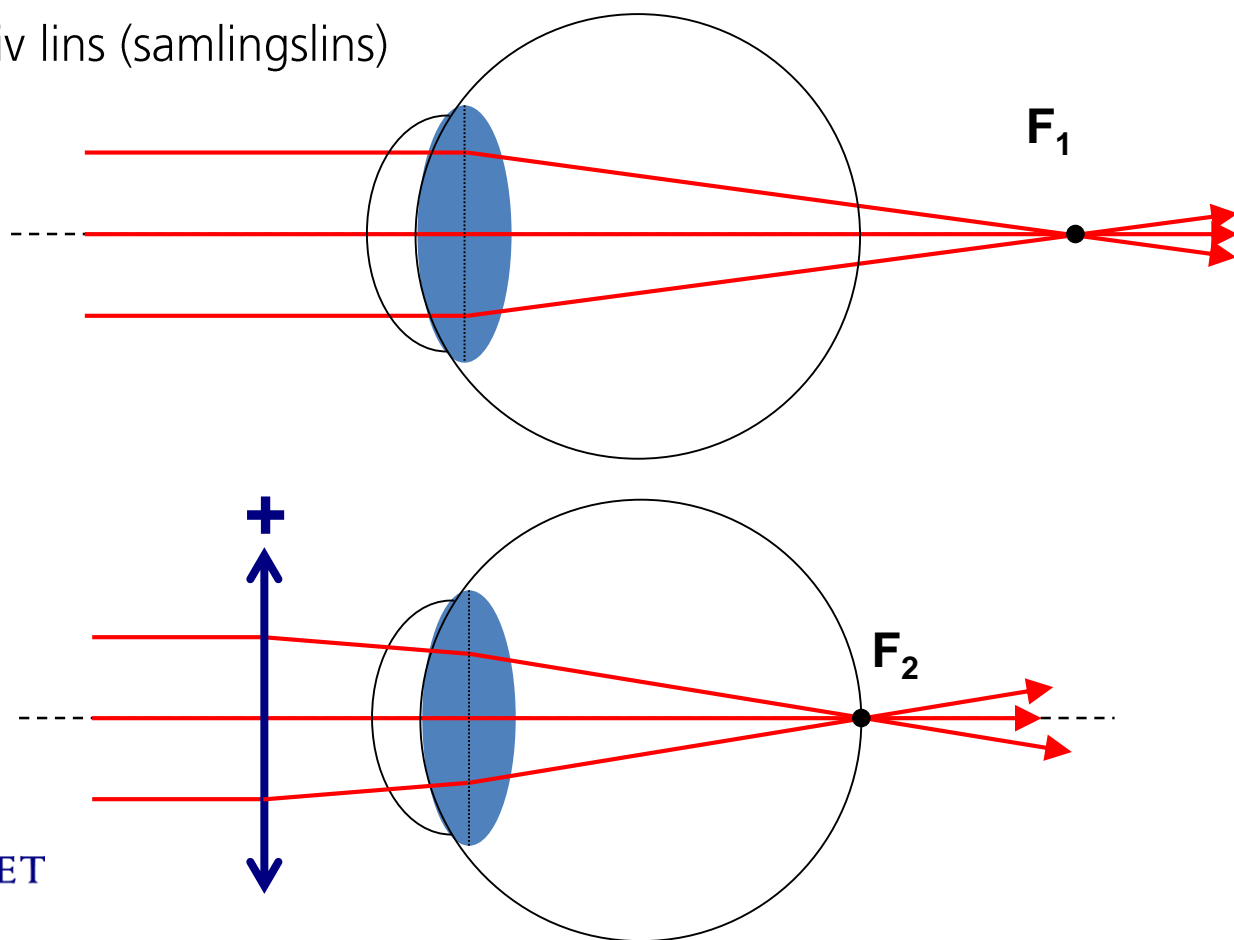




# Synkorrigering med glasögon

## Långsynthet

- Ser bra på långt håll, men dåligt på nära håll
- Korrigeras med positiv lins (samlingslins)

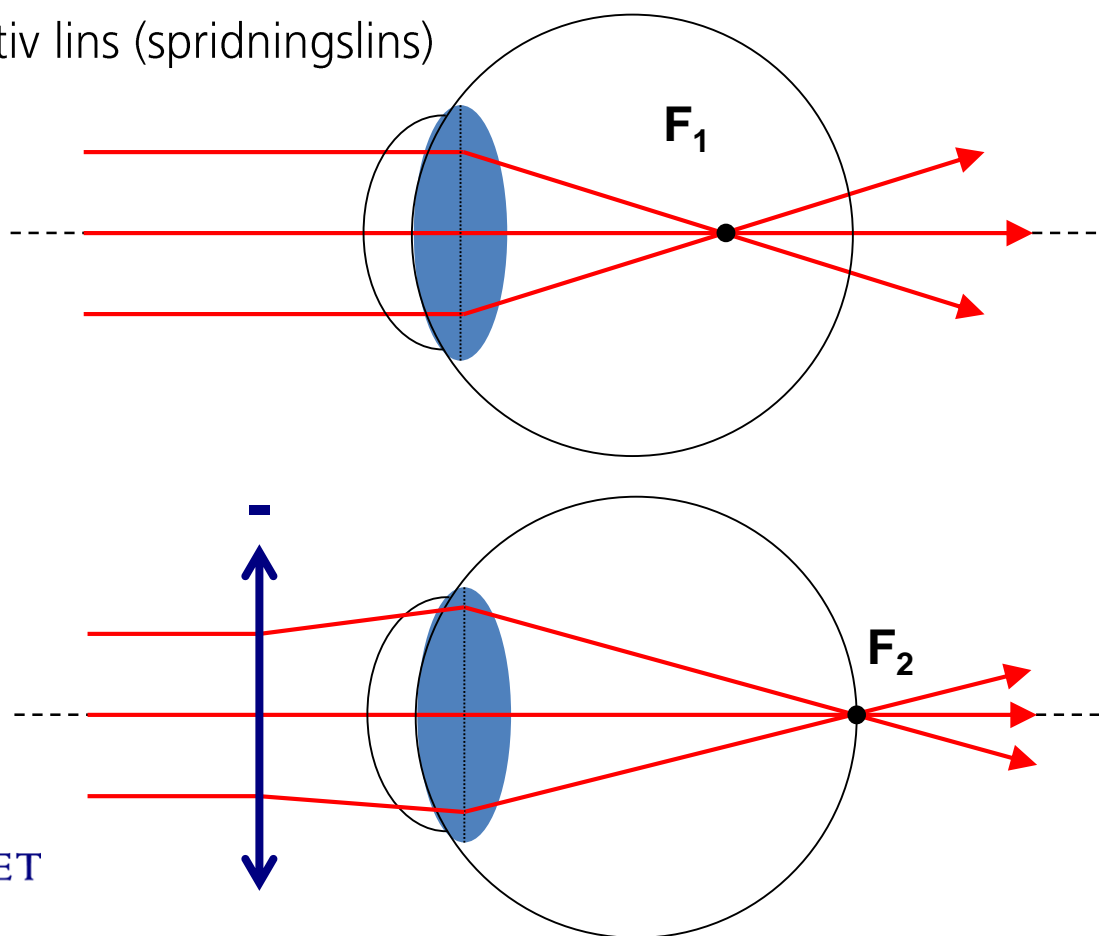




# Synkorrigering med glasögon

## Närsynthet

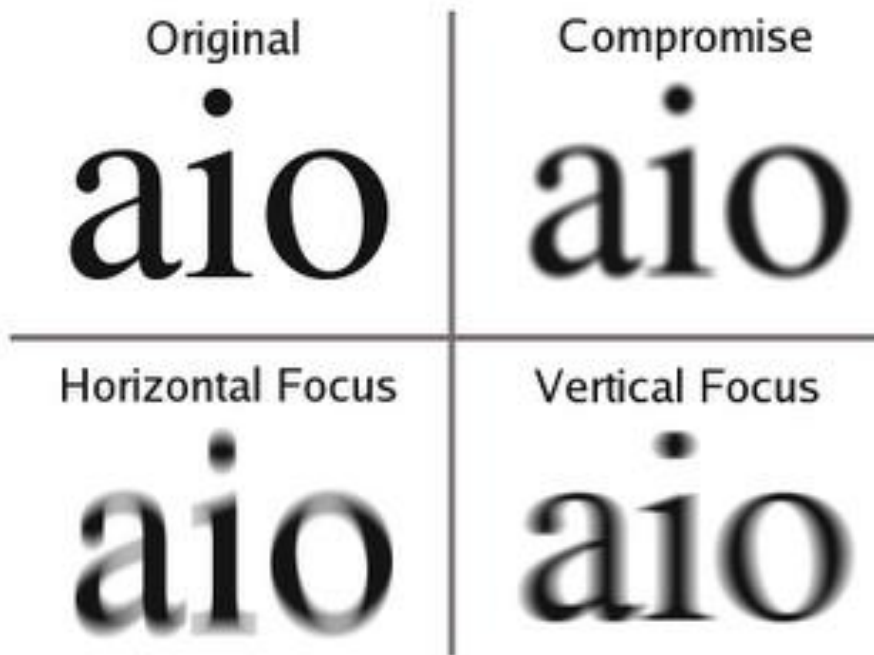
- Ser bra på nära håll, men dåligt på långt håll
- Korrigeras med negativ lens (spridningslins)



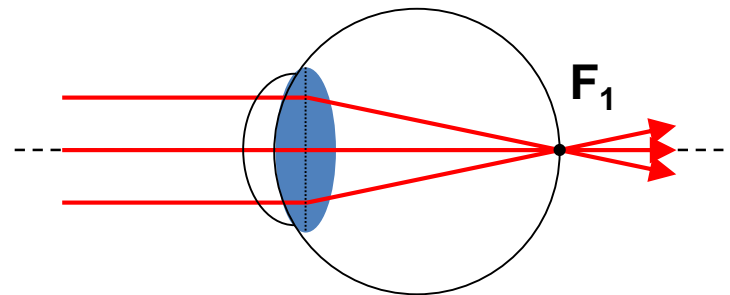
# Synfel

## Astigmatism

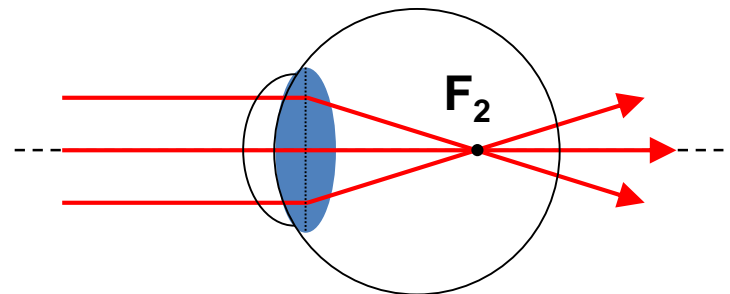
- Olika brännvidder i horisontalplanet och vertikalplanet
- Korrigeras med cylinderlins



Vy uppifrån



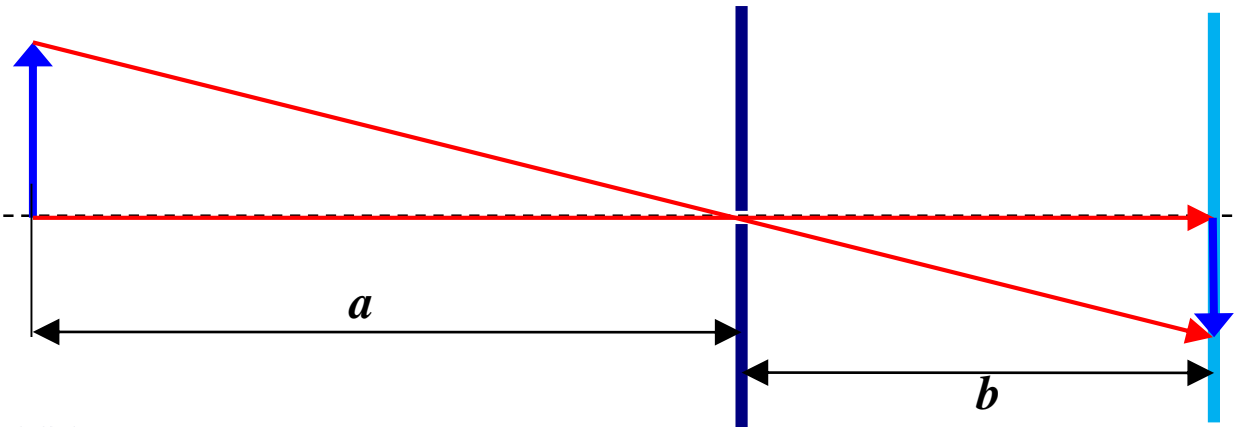
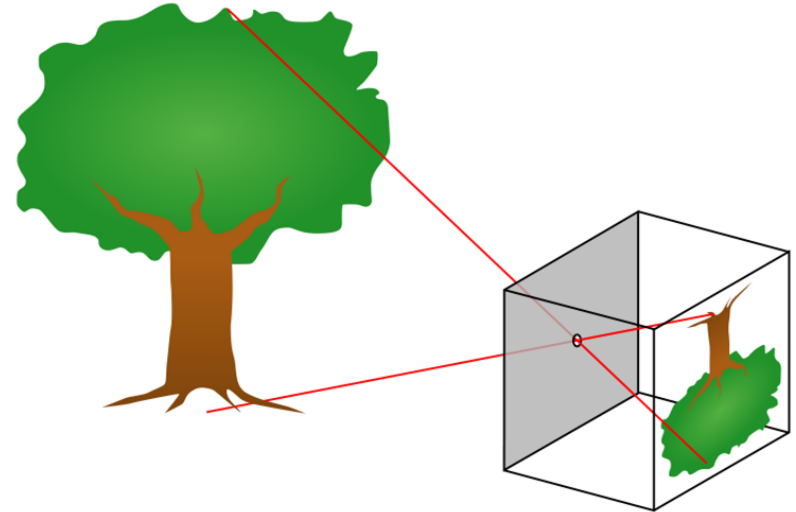
Vy från sidan



# Hålkameran

## Camera obscura

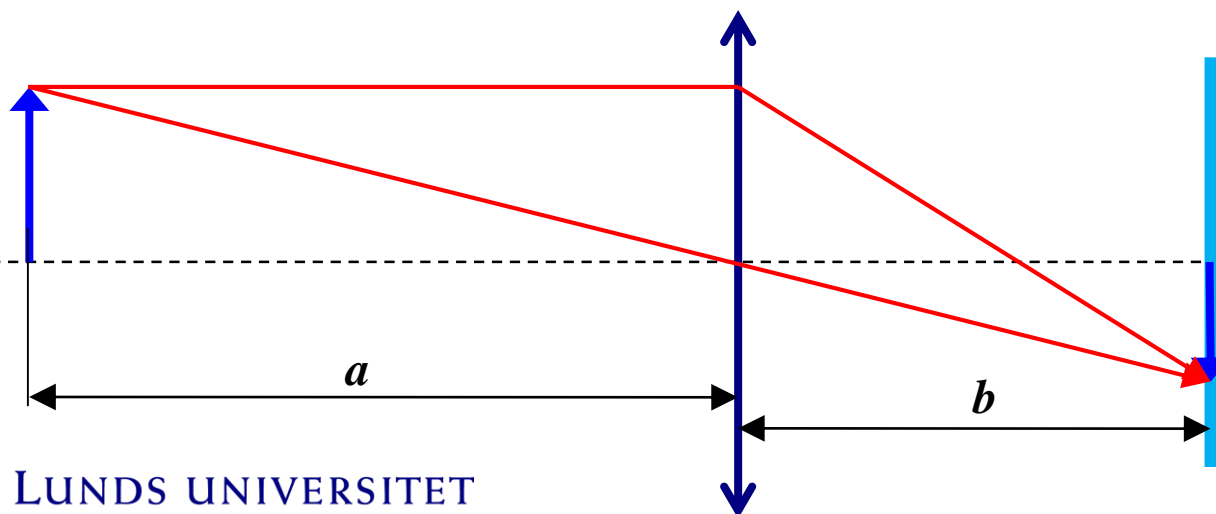
- Avbilda punkt:  $D_{bild} = d_{hål} \frac{a+b}{a}$
- Minska hålets diameter
  - Mindre ljus
  - Skarpare bild
  - Böjning (diffraktion) – nästa vecka



# Objektivkamera

## Avbildning med linser

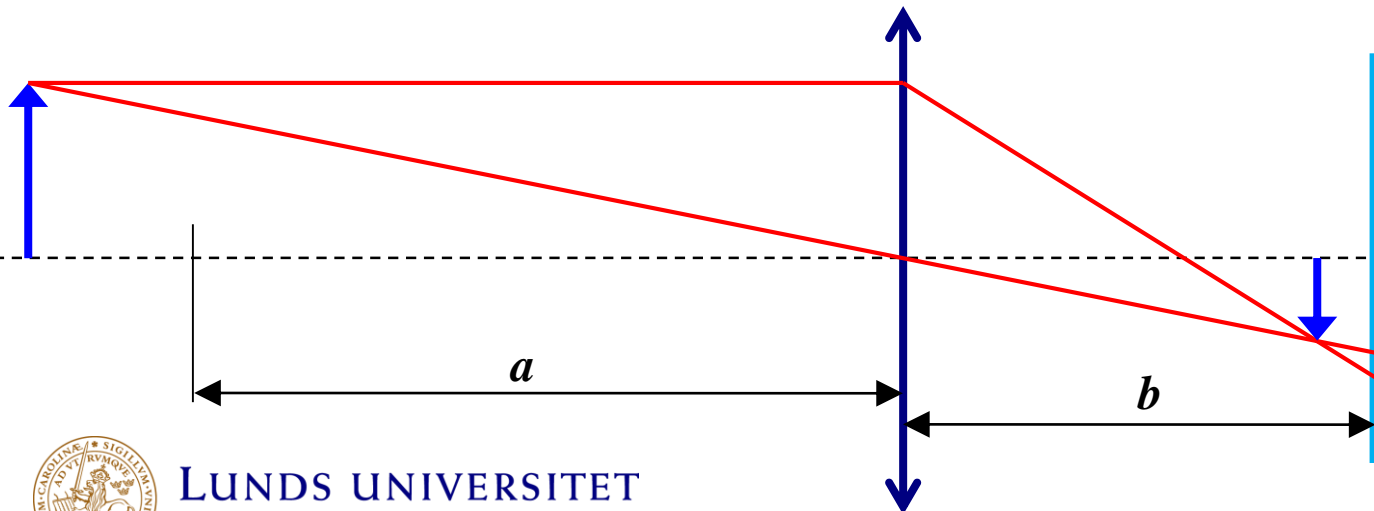
- Lins eller linser används för avbildning av objekt
  - Punkt avbildas till punkt



# Objektivkamera

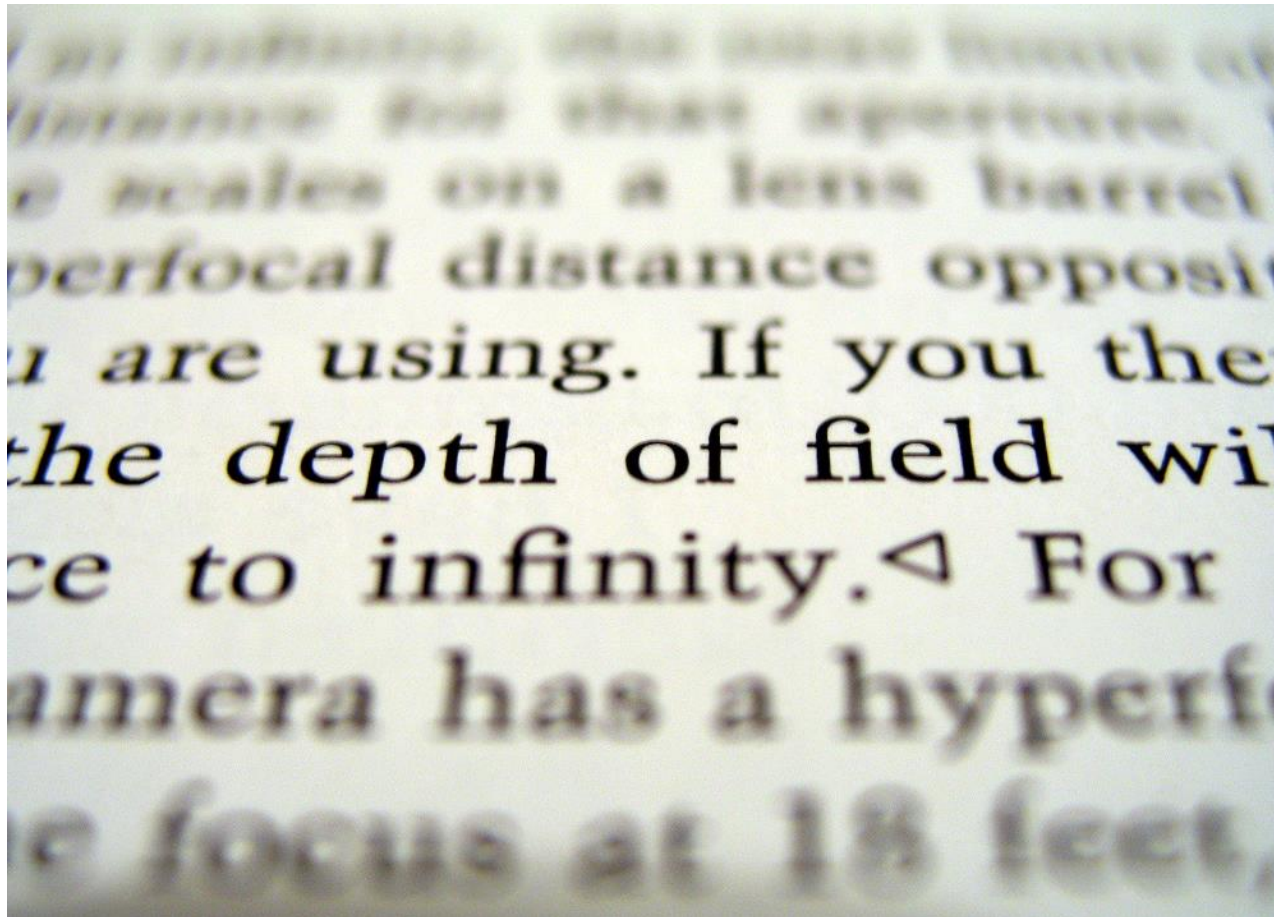
## Avbildning med linser

- Lins eller linser används för avbildning av objekt
  - Punkt avbildas till punkt
  - Gäller endast för punkter i **ett** plan



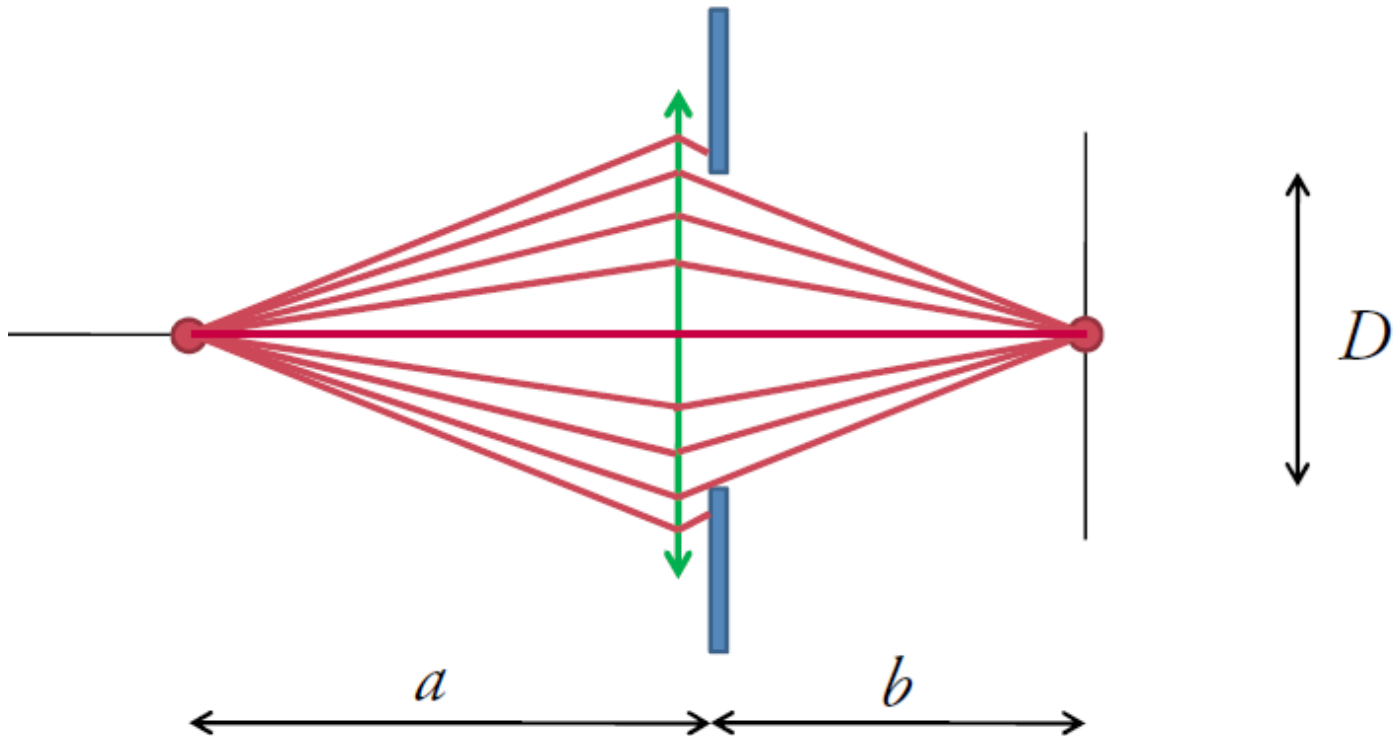
# Skärpedjup

---



# Skärpedjup

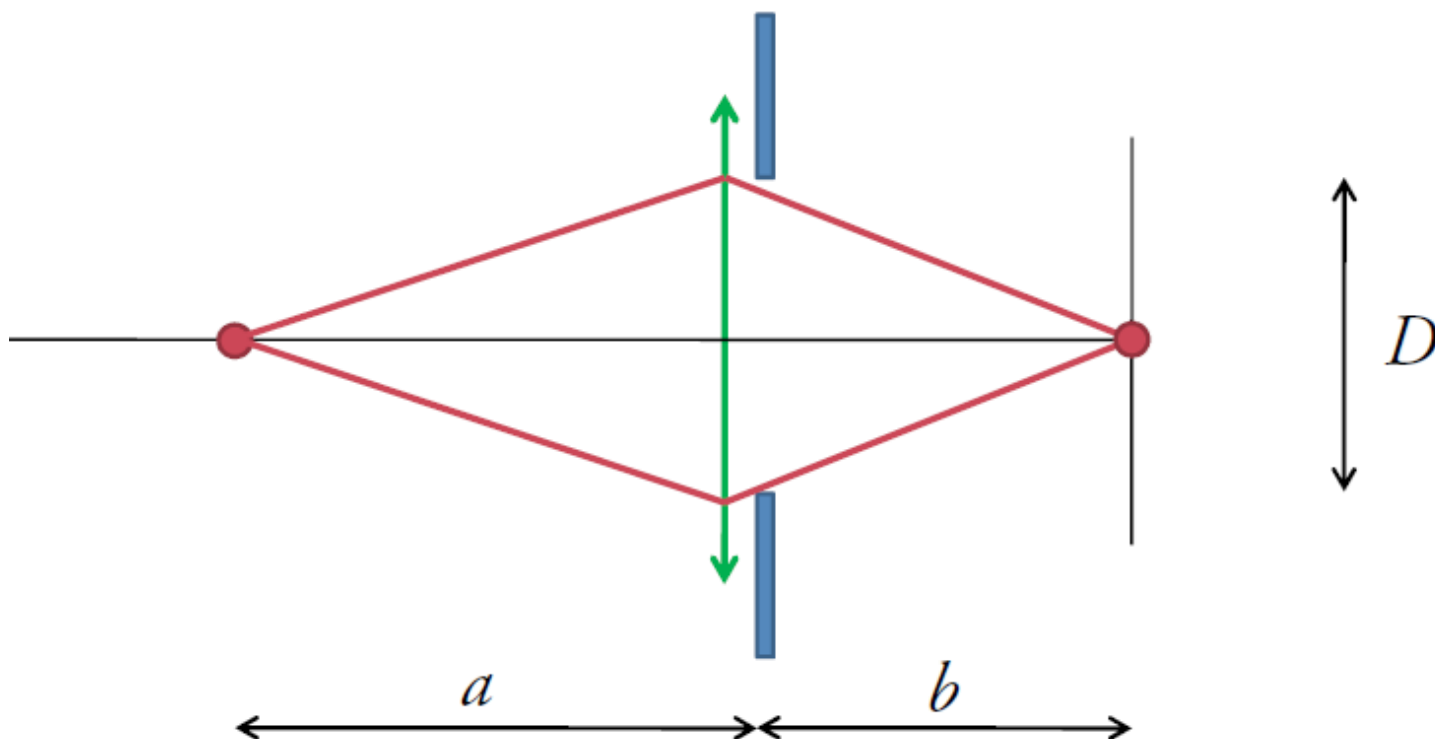
Avbildning med bländare





# Skärpedjup

Avbildning med bländare



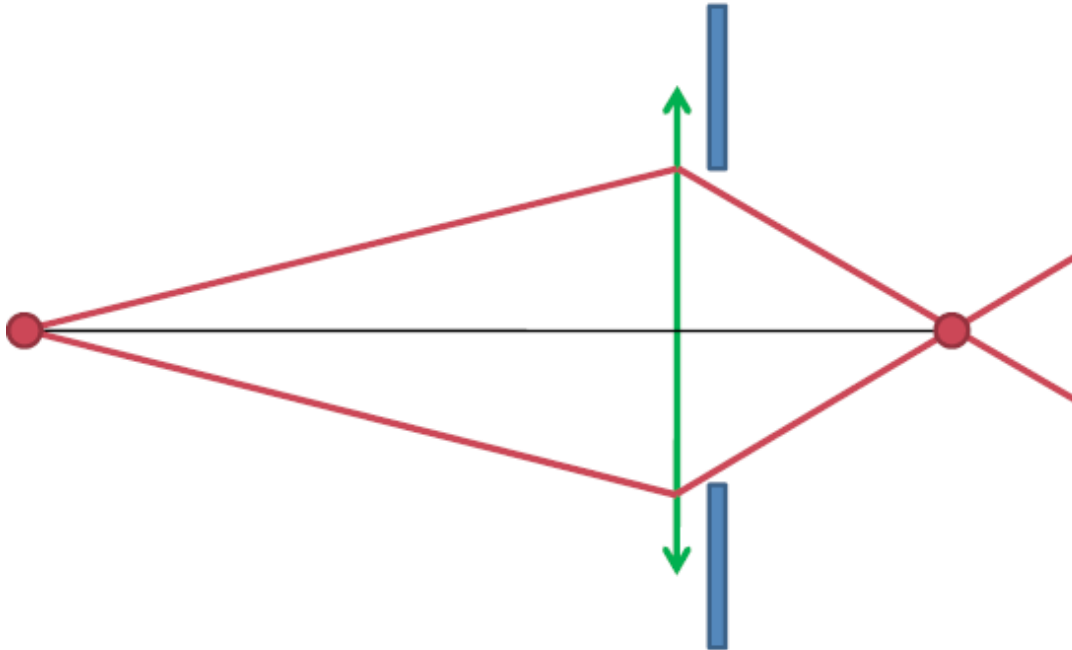
I fokalplanet – punkt



# Skärpedjup

Avbildning med bländare

---



Bakom fokalplanet – cirkelskiva

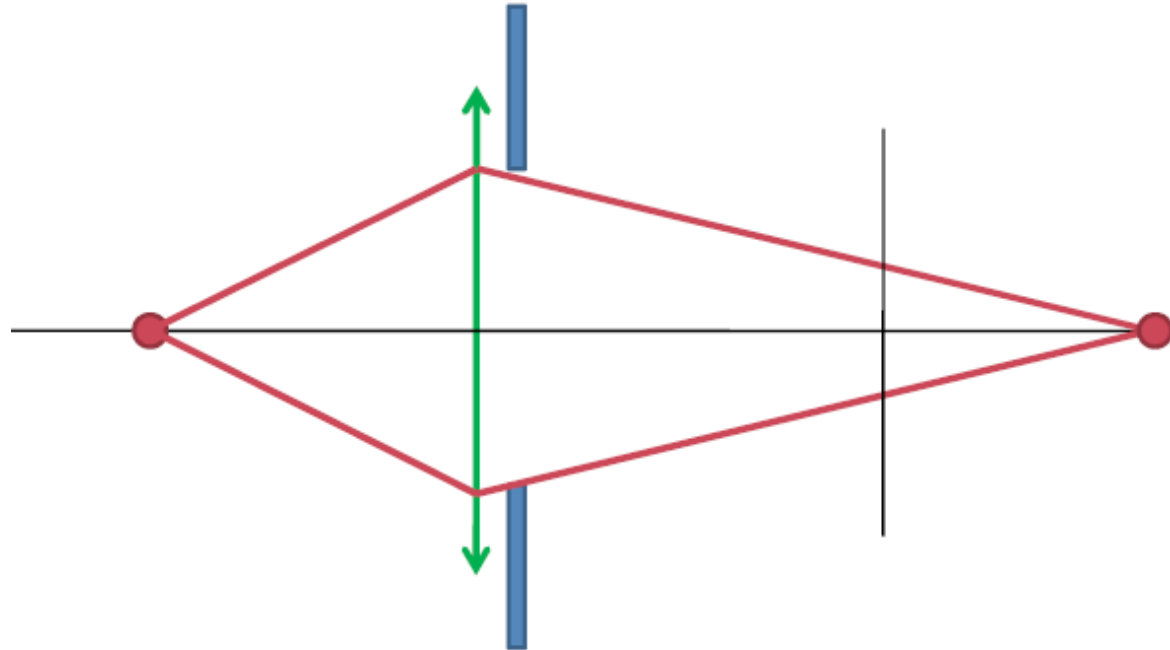


**LUNDS UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola

# Skärpedjup

Avbildning med bländare

---



Före fokalplanet – cirkelskiva



**LUNDS UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola

# Skärpedjup

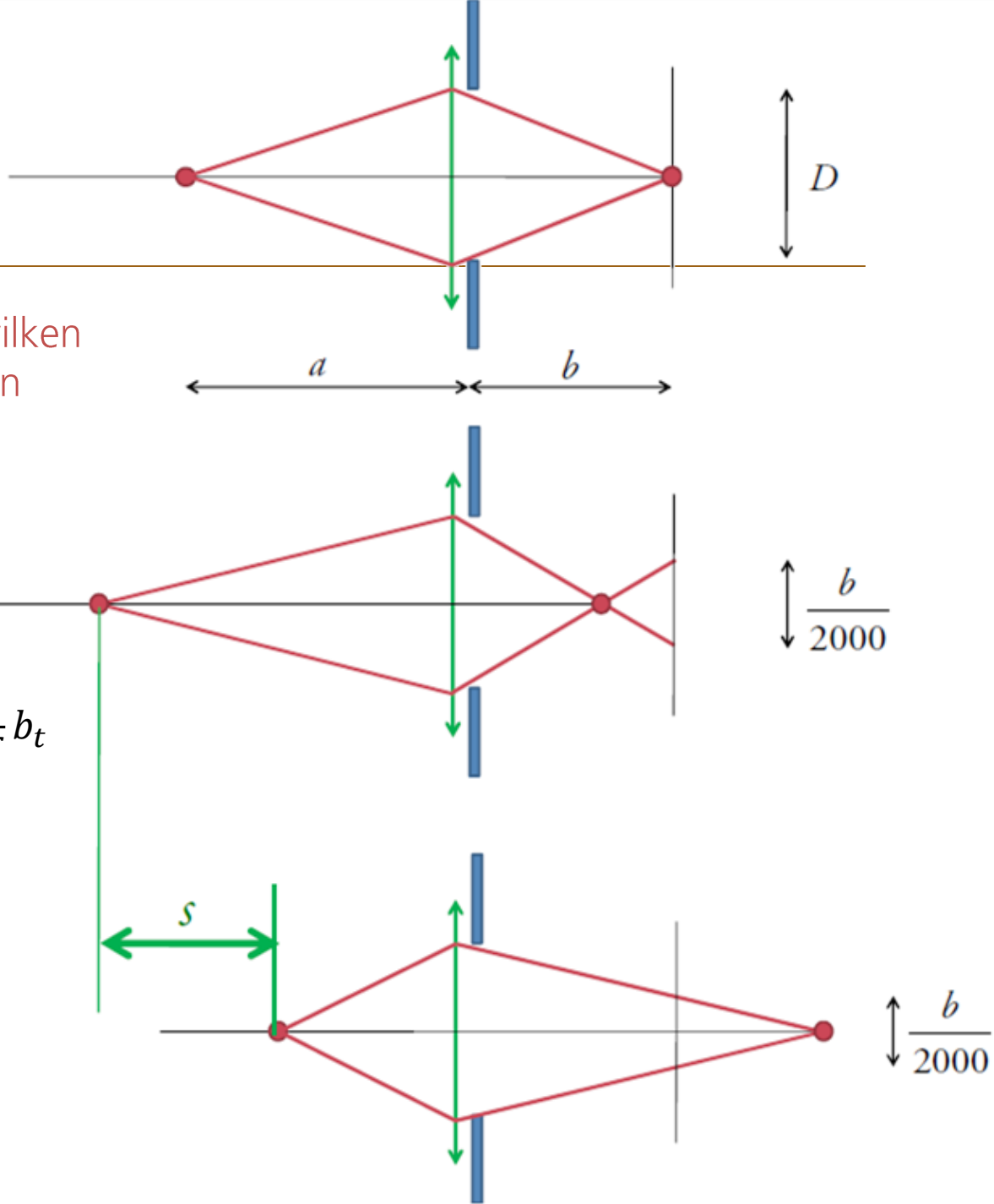
## Definition

- Objektsförflyttning för vilken spridningen är mindre än  $b/2000$ .

- Skärpedjup:

$$s \approx \frac{a^2}{1000 \cdot D} = \frac{a^2}{1000 \cdot f} b_t$$

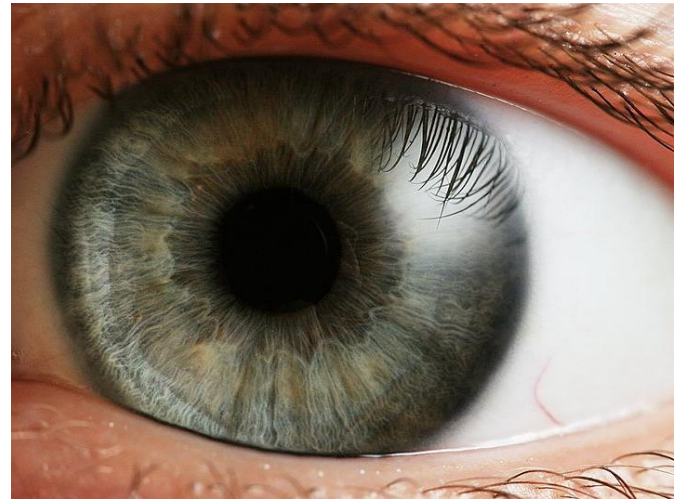
– Bländartal:  $b_t = \frac{f}{D}$



# Pupillens storlek

---

- Pupillens storlek ändras efter ljusförhållandena
  - Mycket ljus
  - ↓
  - Liten pupill
  - ↓
  - Ökat skärpedjup



# Exempel

## Bländartal

Ett kameraobjektiv kan ställas in på bländartal mellan 2,8 och 16. När bländartalet är 4 och slutartiden 1/500 s blir filmen rätt exponerad. Vilken kamerainställning ger rätt exponering och maximalt skärpedjup i bilden?



# Luppen

## (Förstoringsglaset)

---

- På engelska *loupe* eller *simple magnifier*
- Positiv lins med kort brännvidd som placeras mellan ögat och föremålet
  - Syfte: Öka objektets

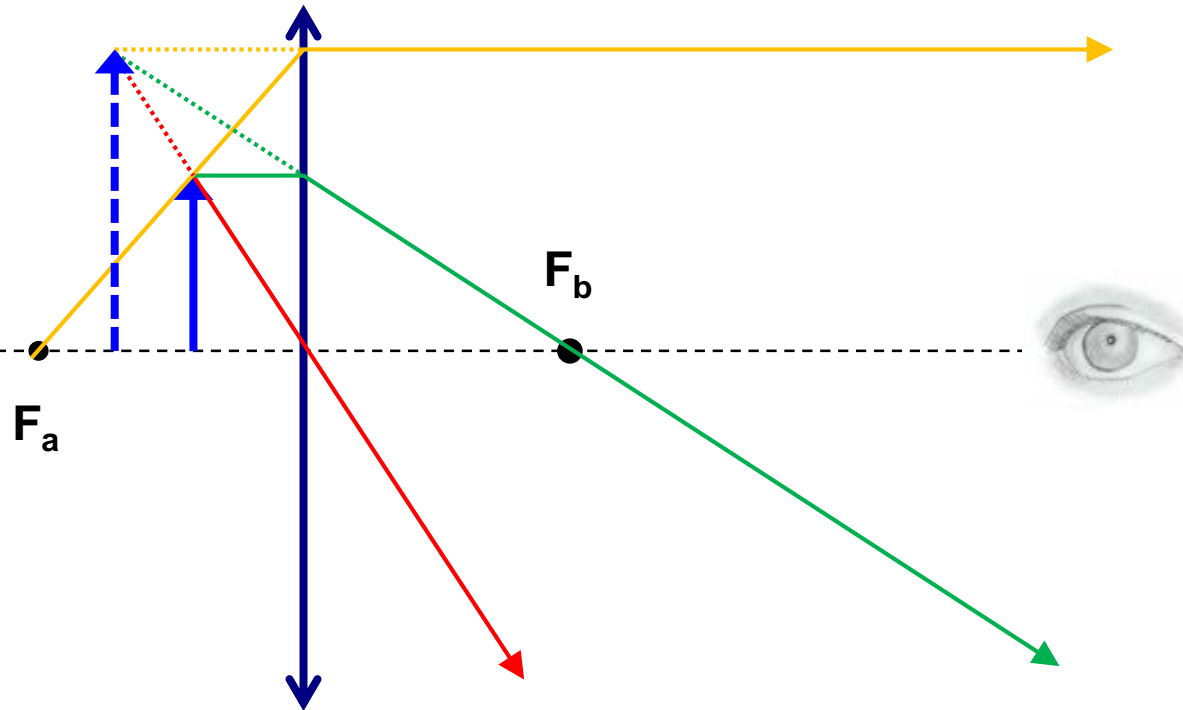




# Luppen

(Förstoringsglaset)

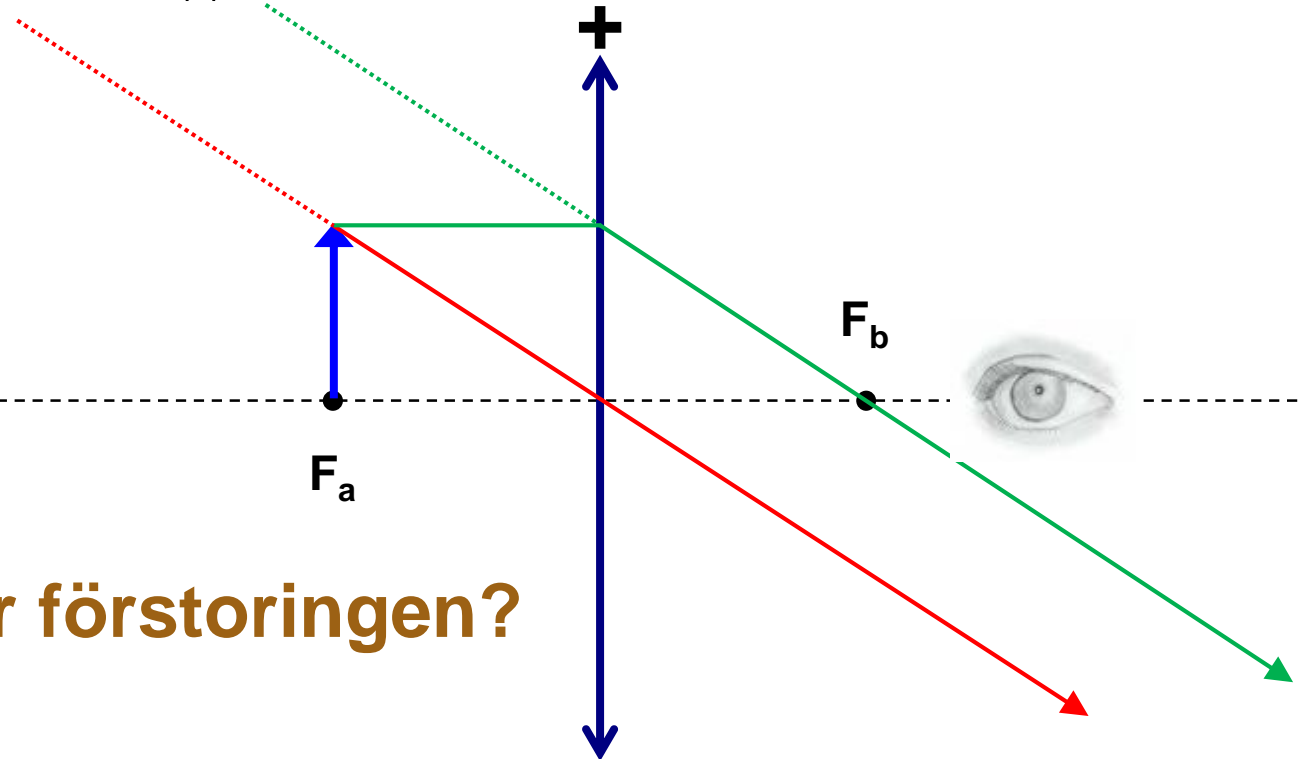
- När  $a < f$  fås en förstorad virtuell bild
  - Ögat måste ackommodera



# Luppen

(Förstoringsglaset)

- När  $a = f$  hamnar den virtuella bilden i oändligheten
  - Ögat kan vara avslappnat

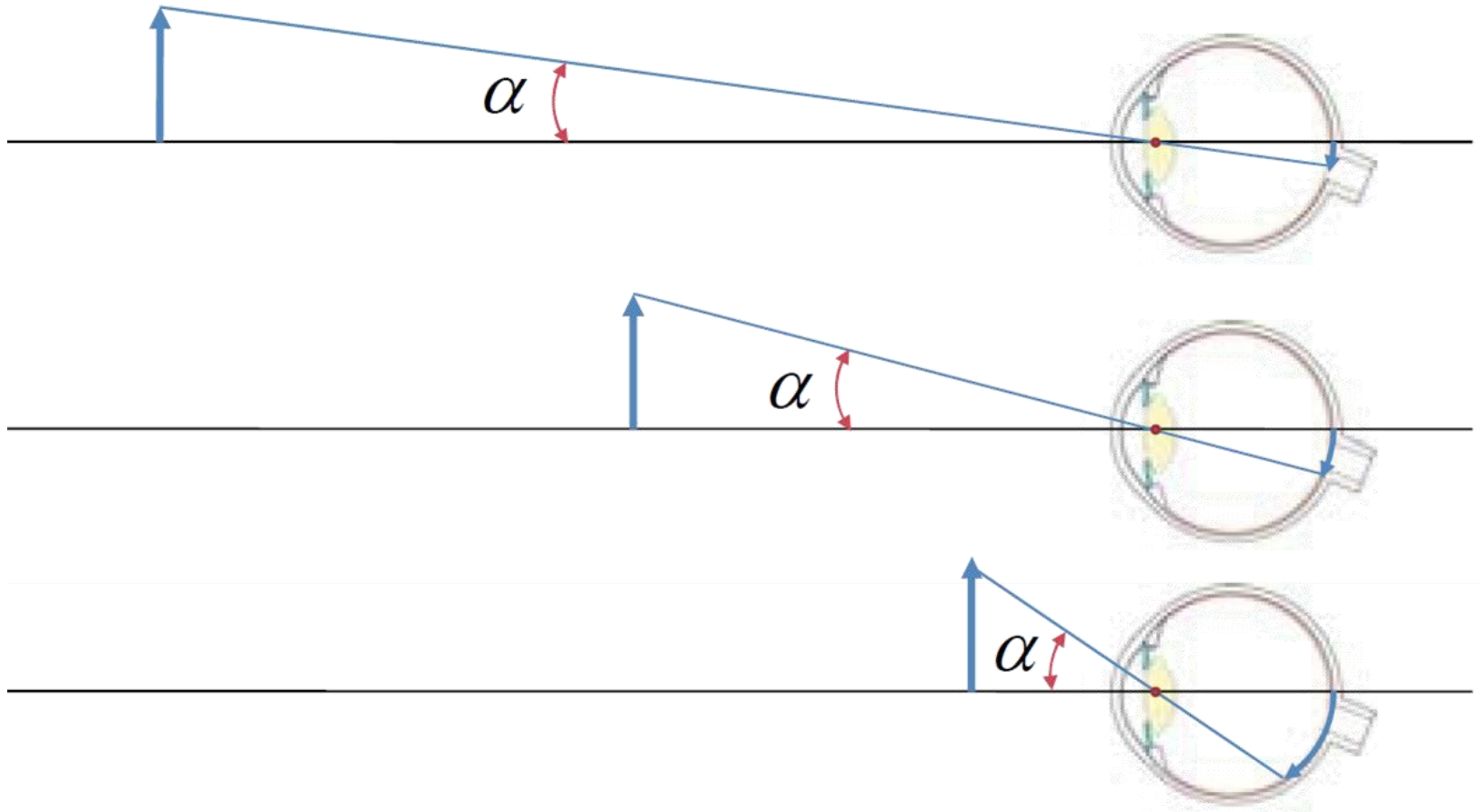


**Men: Vad blir förstoringen?**



LUNDS UNIVERSITET  
Lunds Tekniska Högskola

# Synvinkel



# Vinkelförstoring

## Definition

---

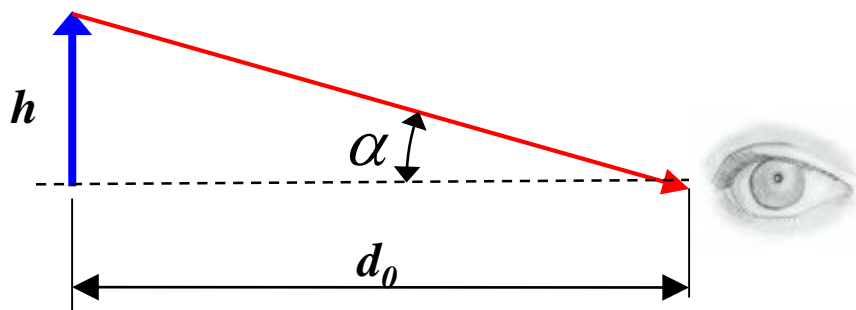
$$G \equiv \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\text{synvinkel med optiskt instrument}}{\text{synvinkel utan optiskt instrument}}$$

- Avlägsna objekt förstoras t. ex. med kikare:
  - $\alpha$  – synvinkeln då föremålet är oändligt långt borta
- Små objekt förstoras t. ex. med lupp eller mikroskop:
  - Beror på vem som tittar, men standarden är:
    - »  $d_0 = 25 \text{ cm}$  "Avståndet för tydligaste seende"
  - $\alpha$  – synvinkeln då föremålet är på avståndet  $d_0$

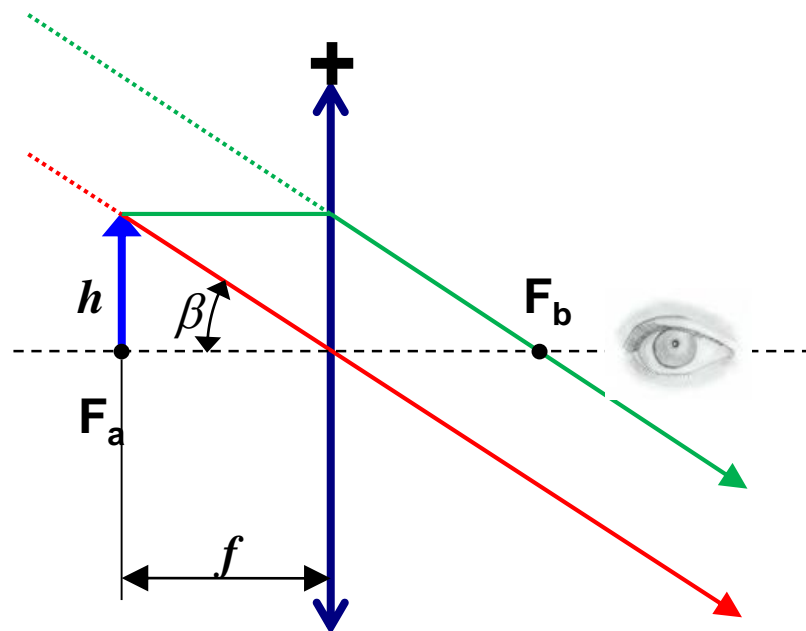


# Luppens vinkelförstoring

## Synvinkel med lupp



Synvinkel utan lupp:  $\alpha \approx \tan \alpha = \frac{h}{d_0}$



Synvinkeln med lupp:  $\beta \approx \tan \beta = \frac{h}{f}$

$$\text{Vinkelförstoringen: } G = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{h}{f} \cdot \frac{d_0}{h} = \frac{d_0}{f} = \frac{25 \text{ cm}}{f}$$



# Exempel 15.3

## Brännvidd hos lupp

---

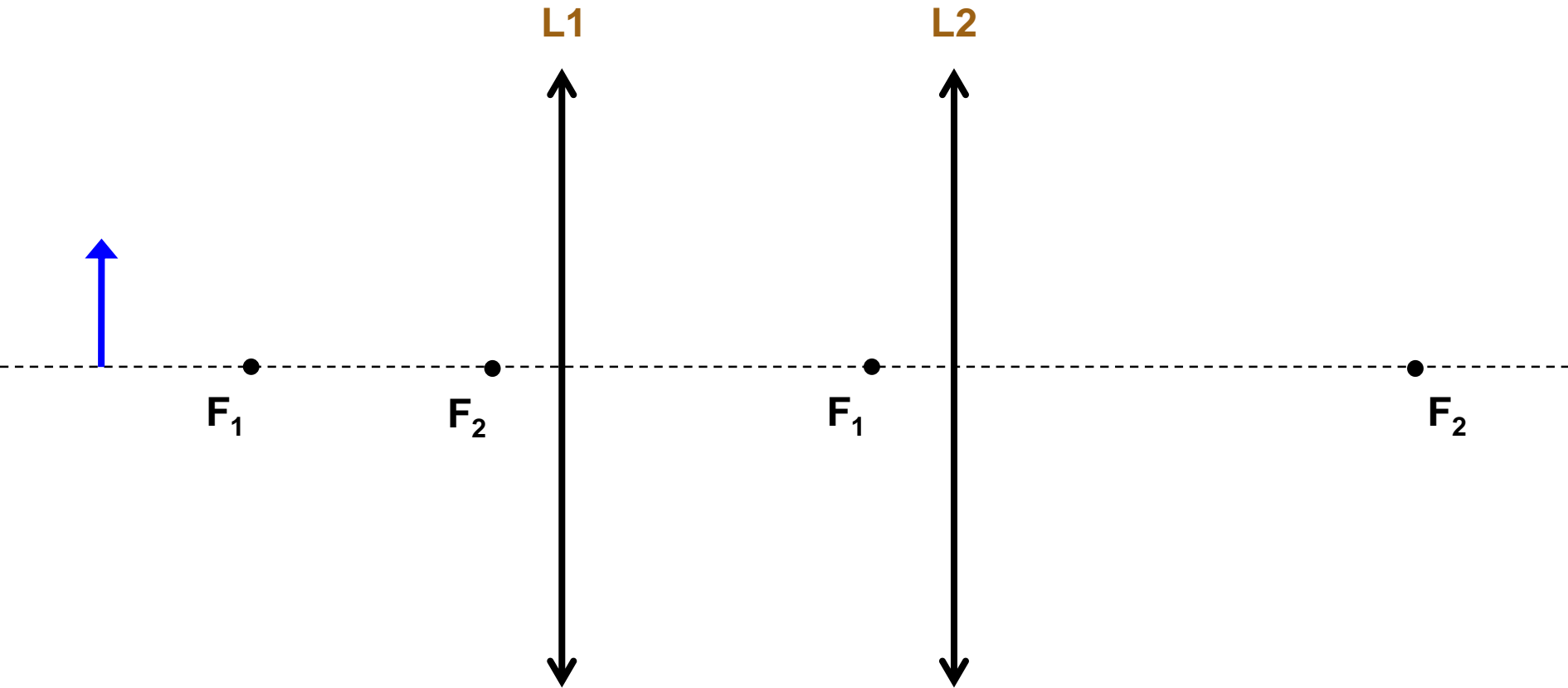
Beräkna brännvidden hos en lupp som är märkt 7 $\times$ .



# Två tunna linser

## Stegvis beräkning

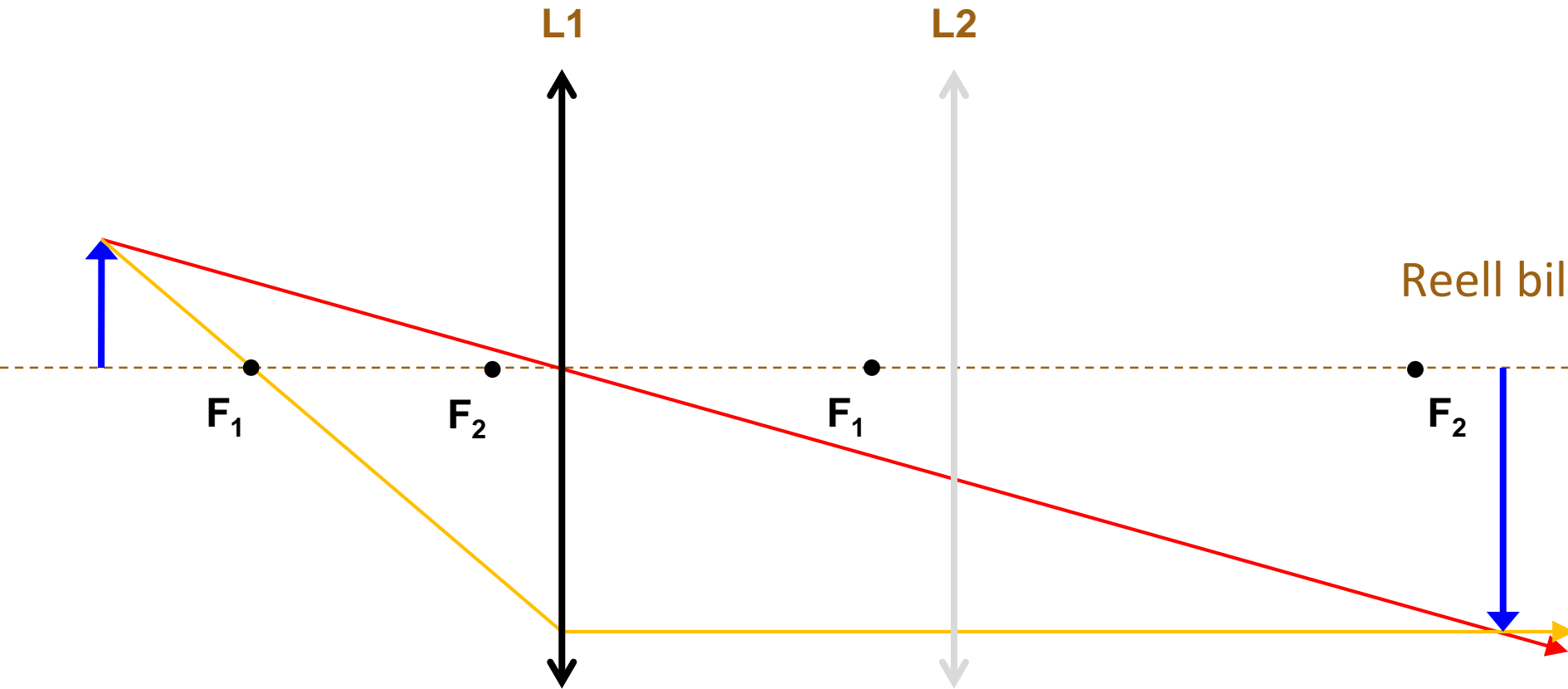
---





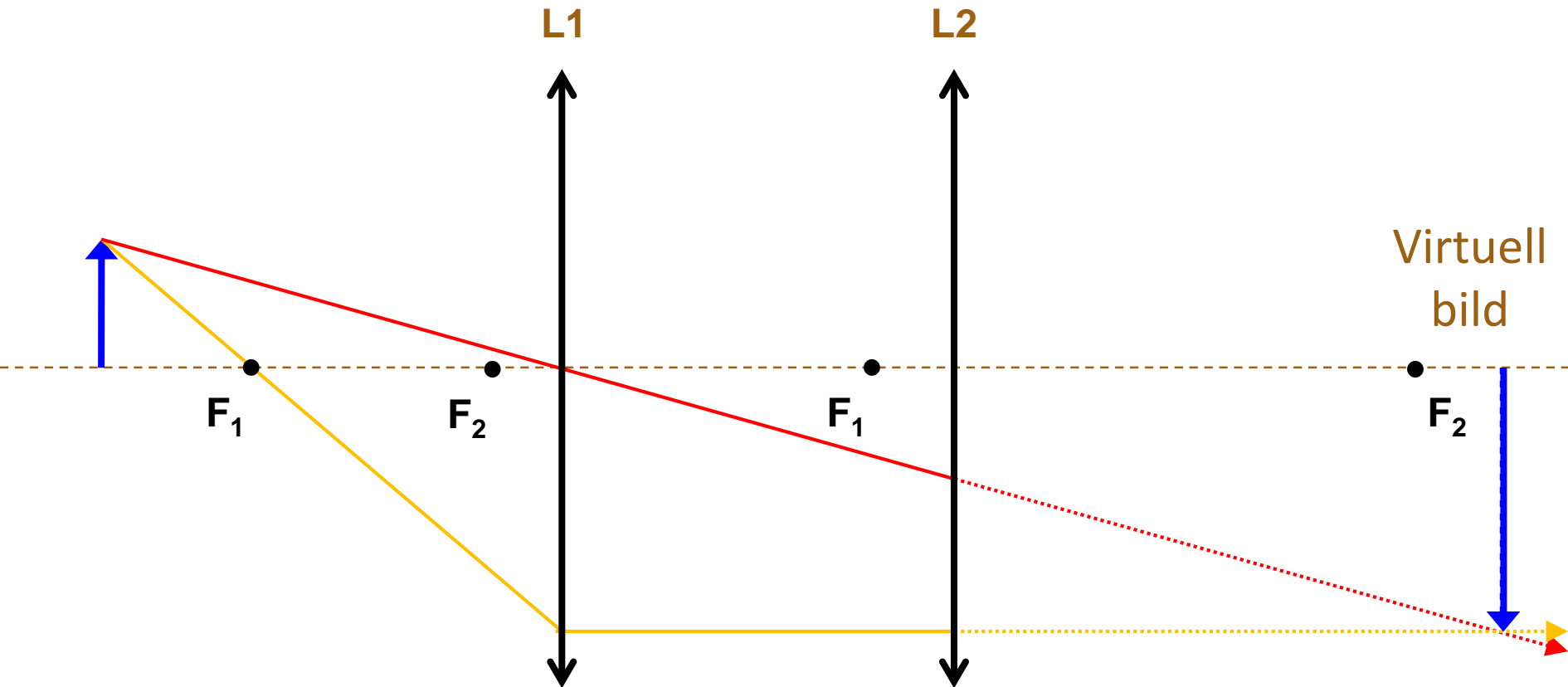
# Två tunna linser

## Första linsen



# Två tunna linser

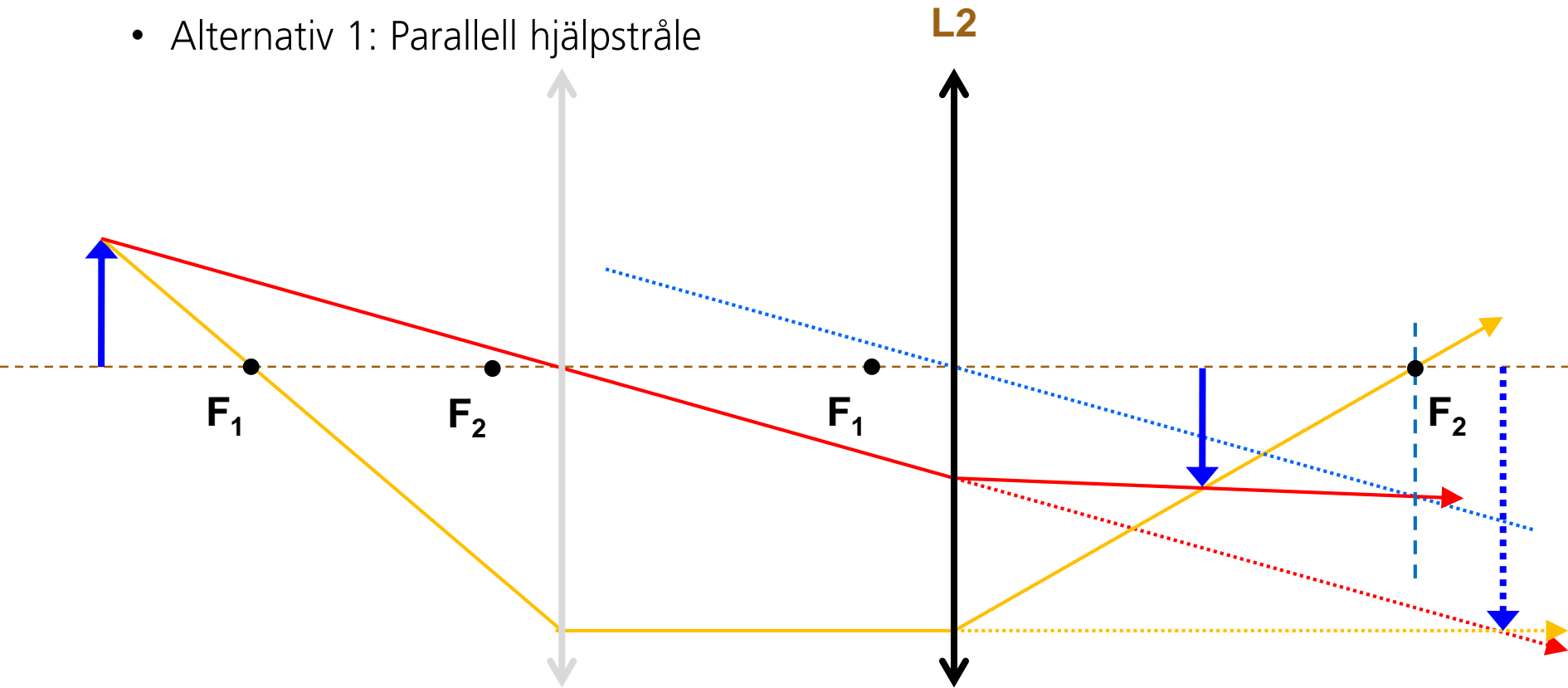
## Första linsen



# Två tunna linser

## Andra linsen

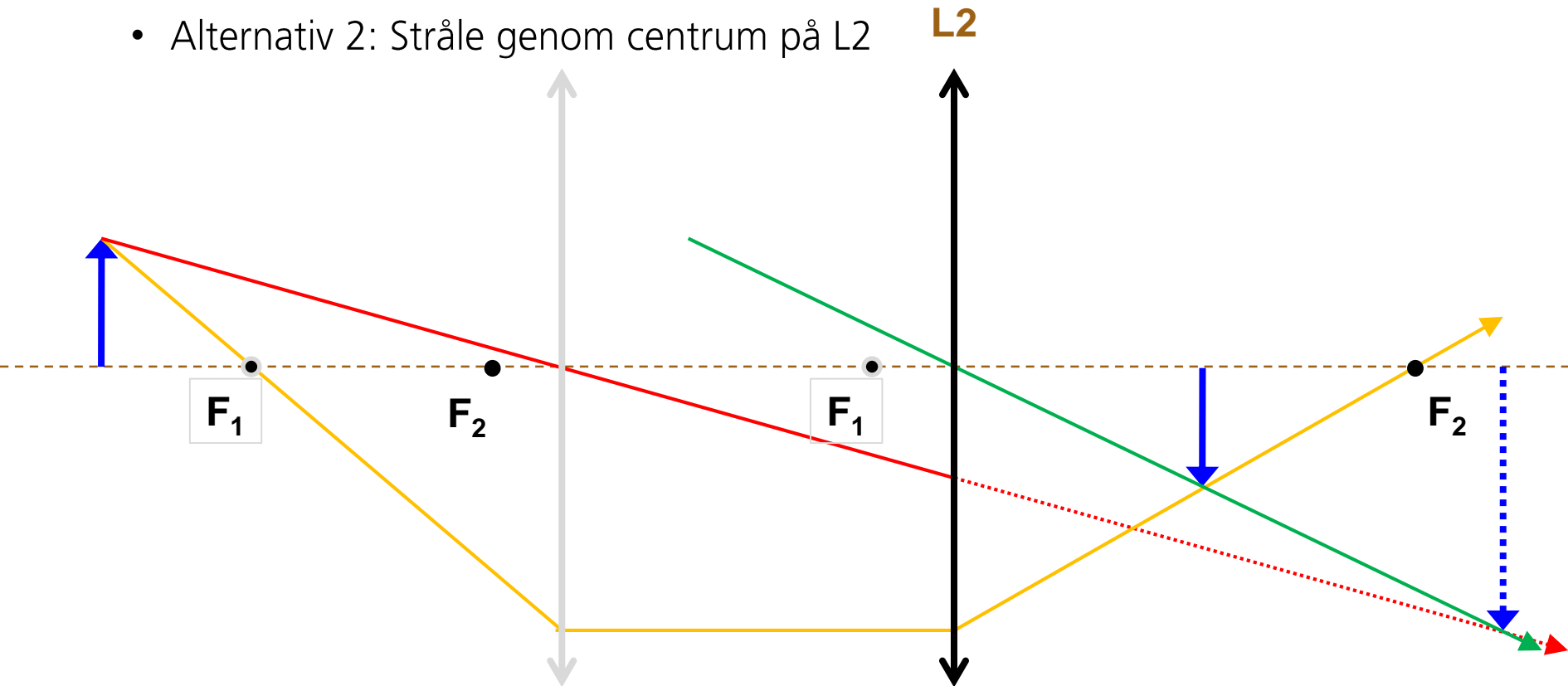
- Alternativ 1: Parallell hjälpstråle



# Två tunna linser

## Andra linsen

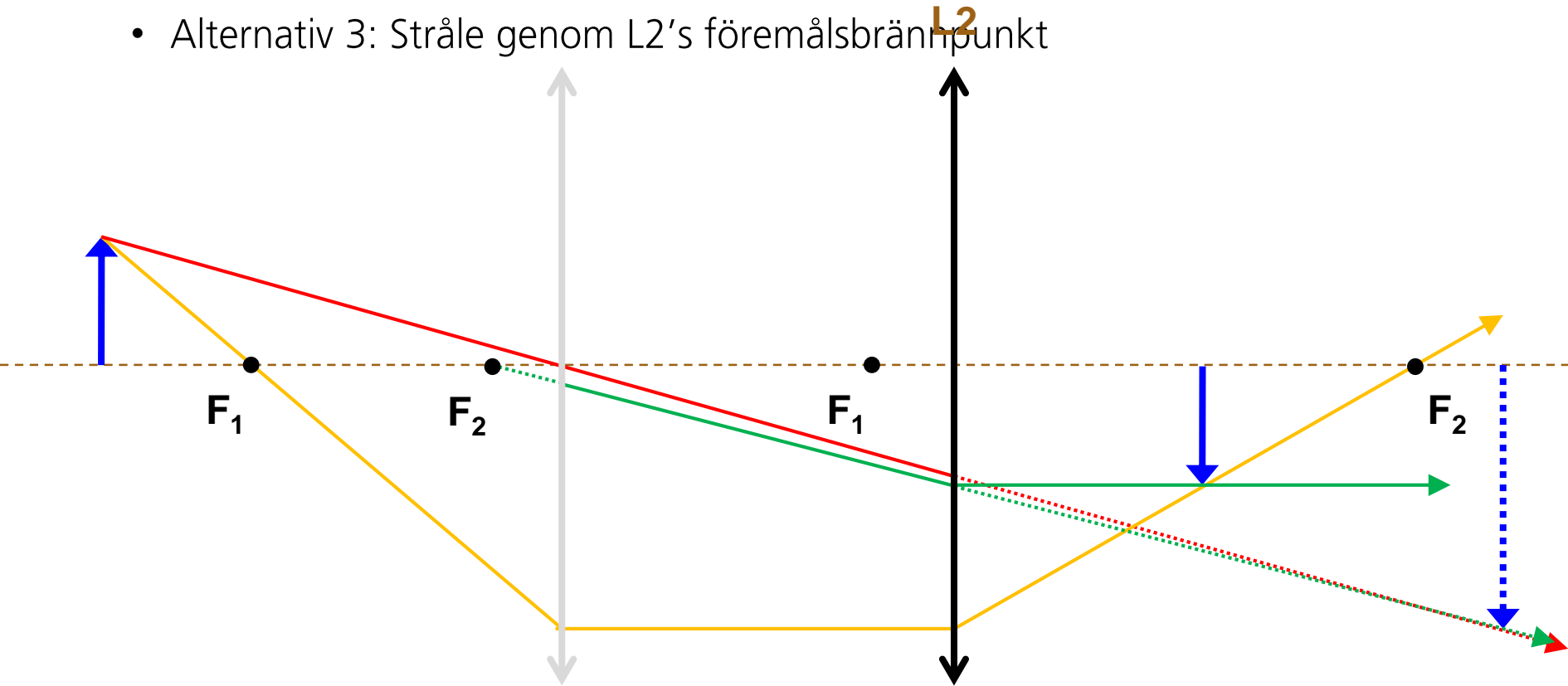
- Alternativ 2: Stråle genom centrum på L2



# Två tunna linser

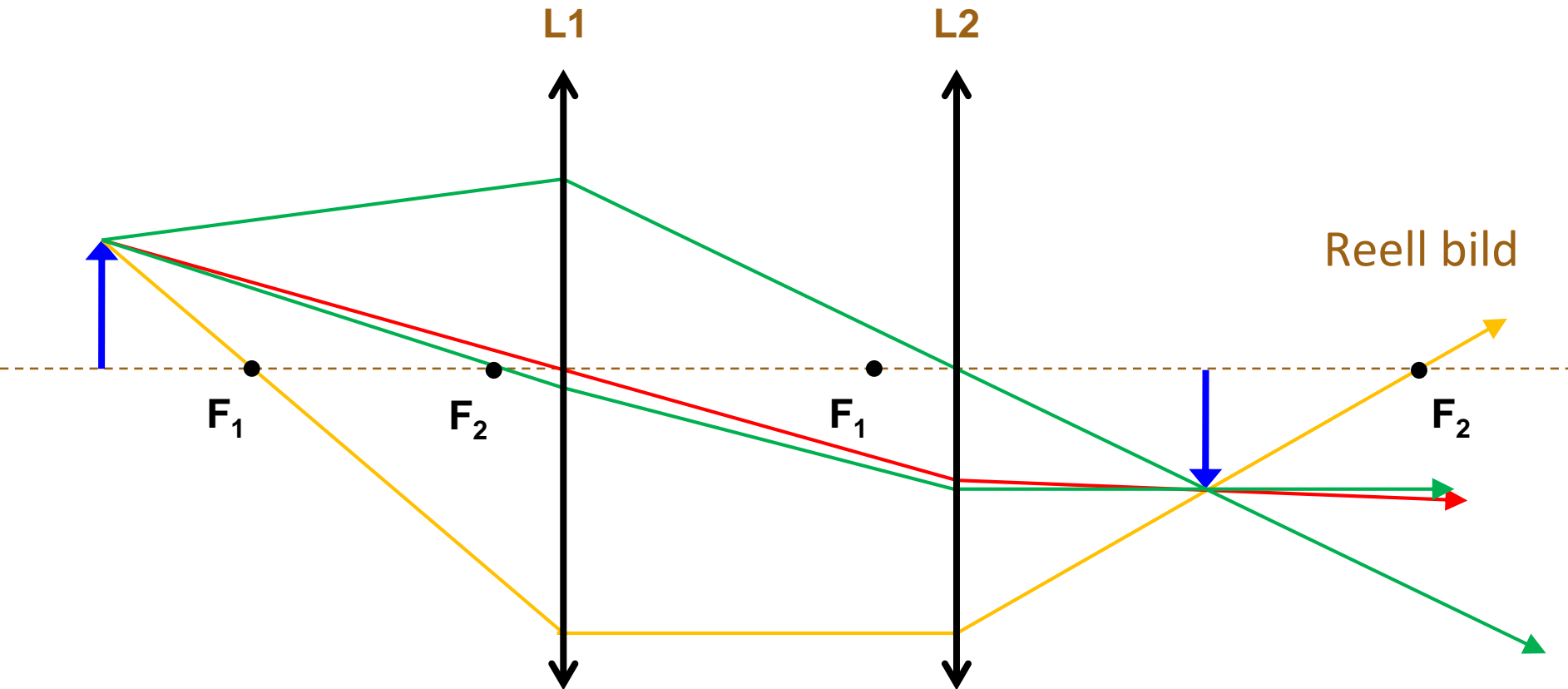
## Andra linsen

- Alternativ 3: Stråle genom L2's föremålsbrännpunkt



# Två tunna linser

## Slutresultat



# Mikroskopet

Ökar synvinkeln hos närbelägna (små) objekt

---



1738



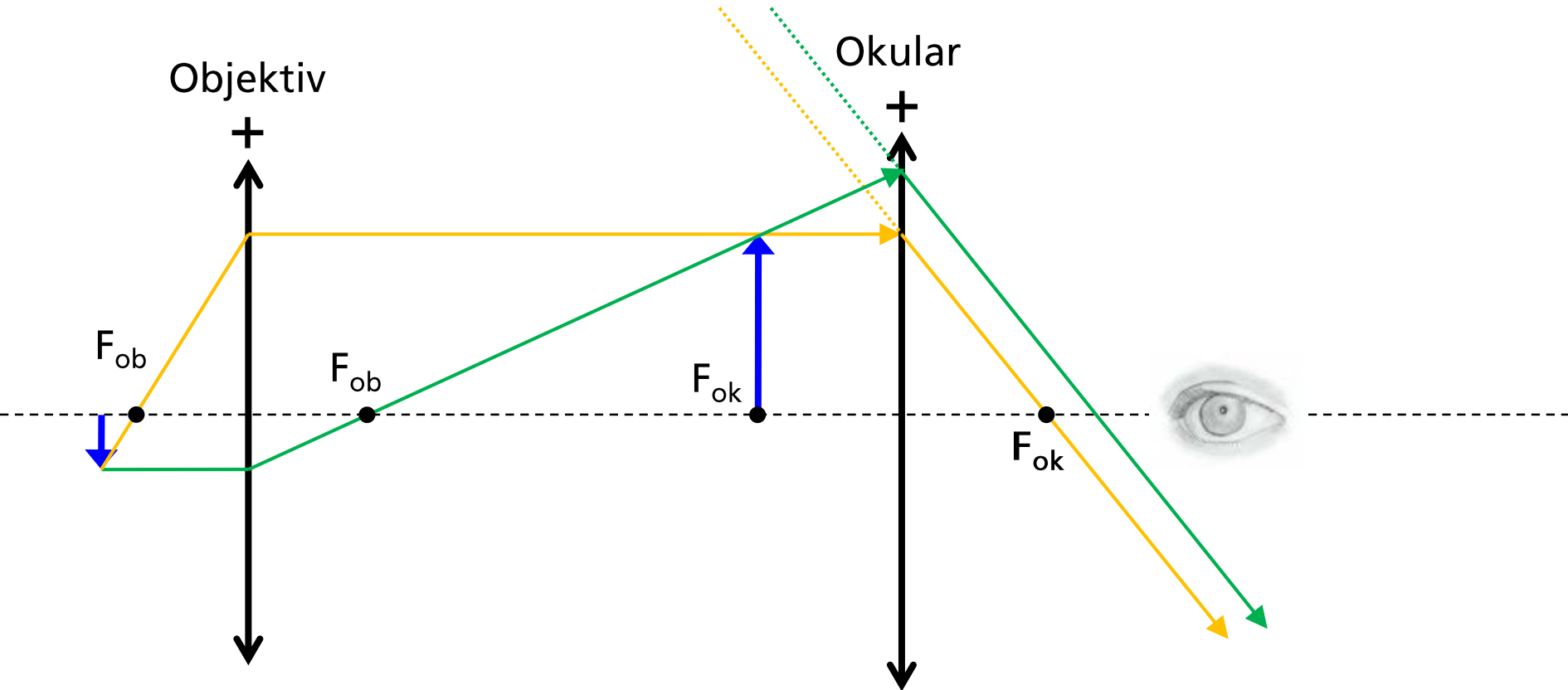
2016





# Mikroskopet

## Grundkonstruktion



# Mikroskopet

## Mikroskoptobjektivet

---

10x



20x



40x

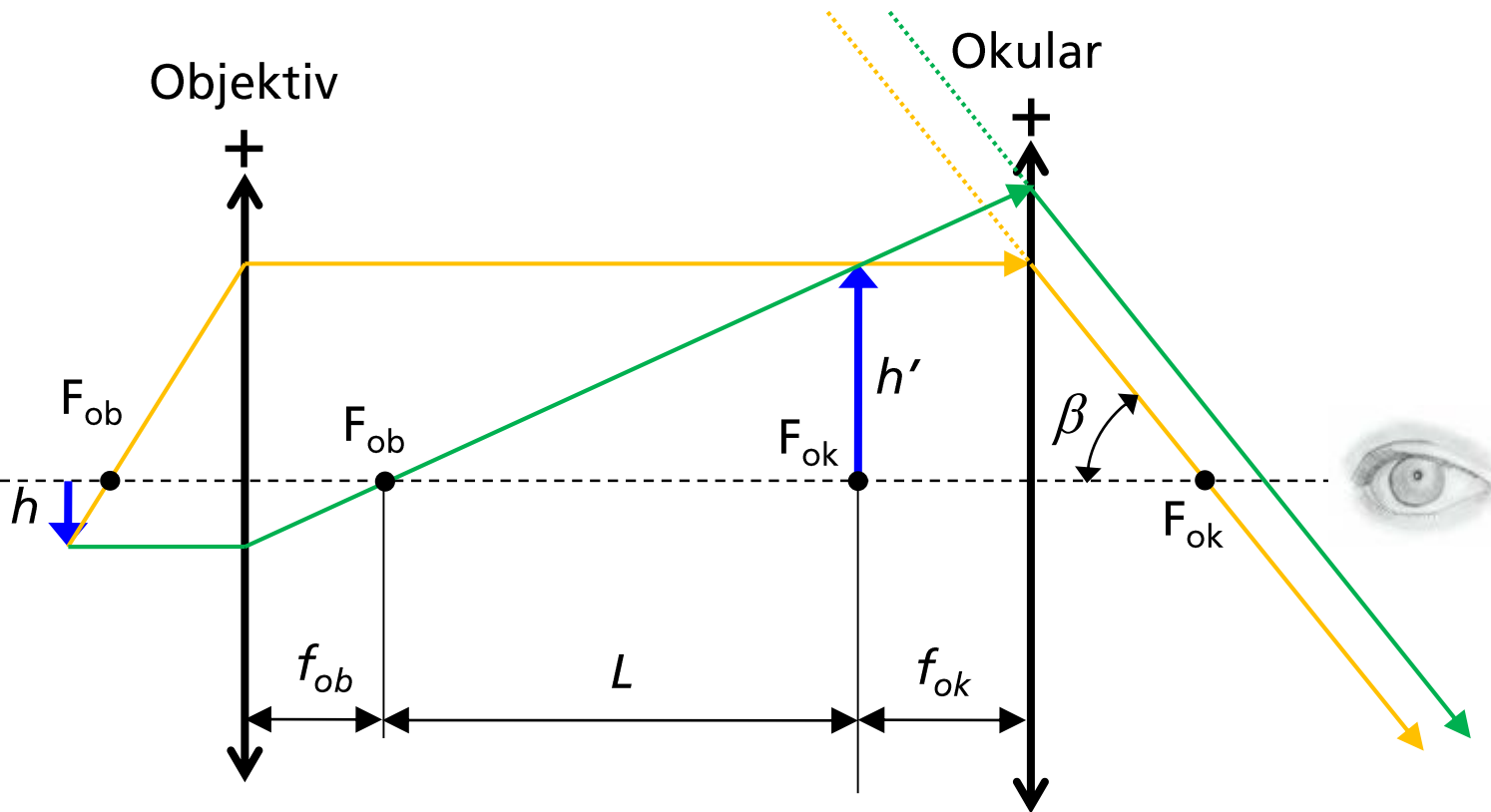


100x



# Mikroskopet

## Synvinkel



# Mikroskopet

## Vinkelförstoring

---

- Synvinkeln med mikroskop:  $\beta \approx \tan \beta = \frac{h'}{f_{ok}}$
- Synvinkeln utan mikroskop:  $\alpha \approx \tan \alpha = \frac{h}{d_0}$
- Objektivets lateralförstoring:  $M_{ob} = -\frac{h'}{h} = -\frac{L}{f_{ob}}$
- Vinkelförstoringen:

$$G = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{h'}{f_{ok}} \cdot \frac{d_0}{h} = \frac{L}{f_{ob}} \cdot \frac{d_0}{f_{ok}} = |M_{ob}| \cdot G_{ok}$$



# Kikaren

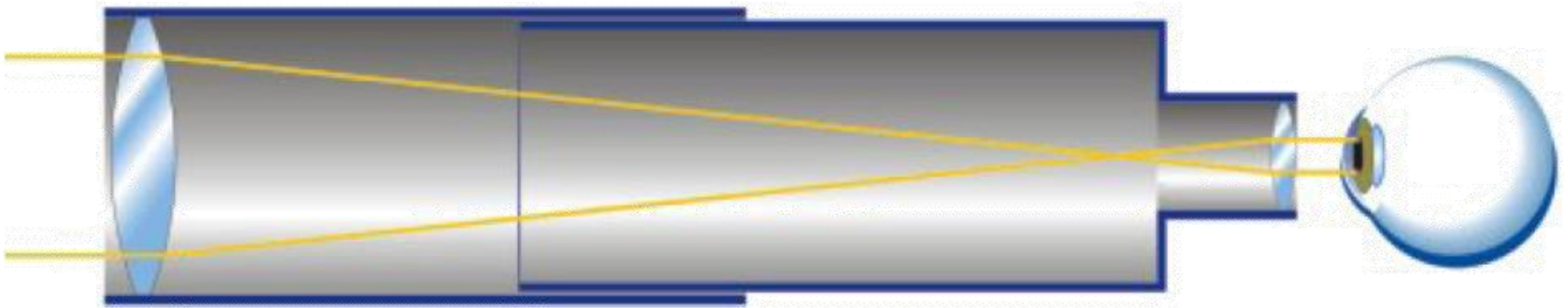
Ökar synvinkeln hos avlägsna objekt

---

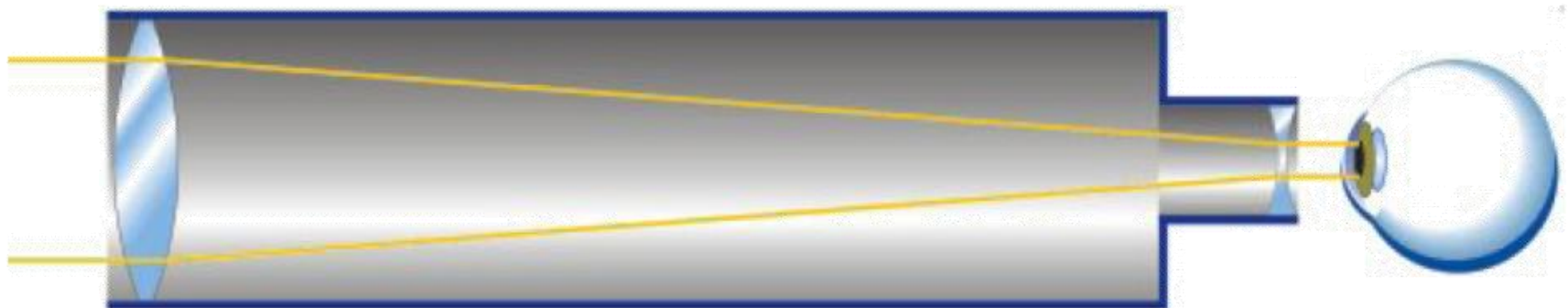


# Keplerkikaren och Galileikikare

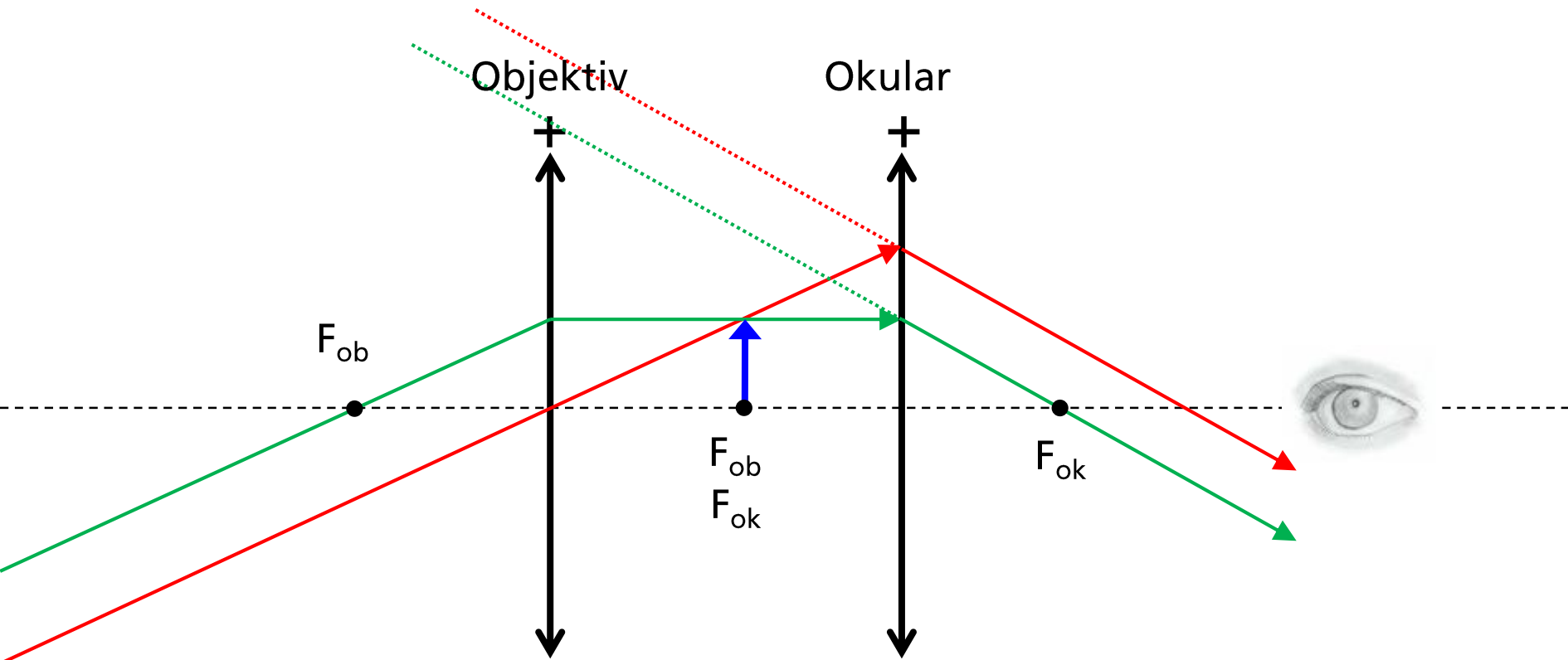
Keplerkikare: två positiva linser, bilden upp och ner



Galileikikare: en positiva och en negativ lins, bilden rätvänd

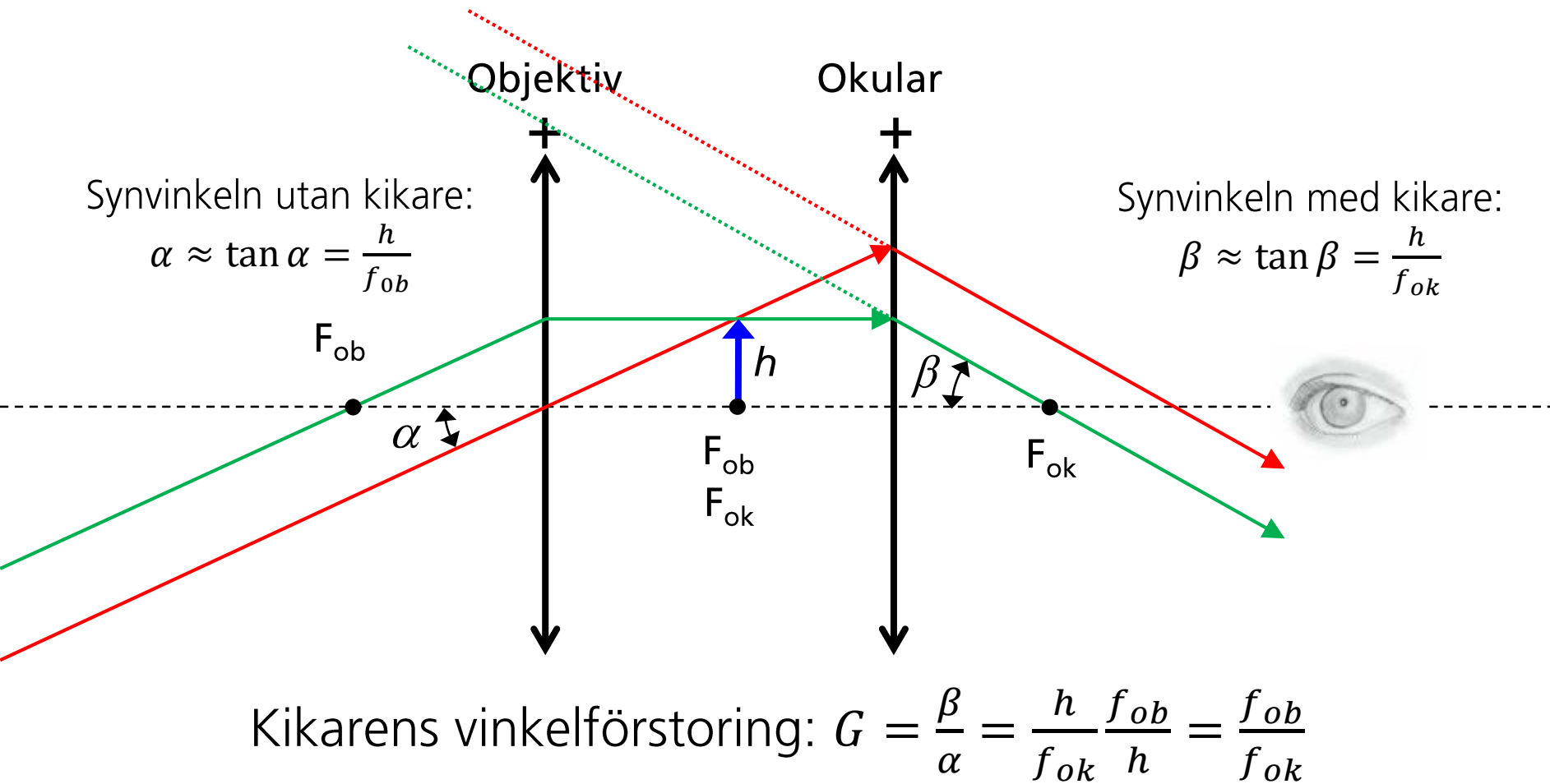


# Keplerkikaren



# Keplerkikaren

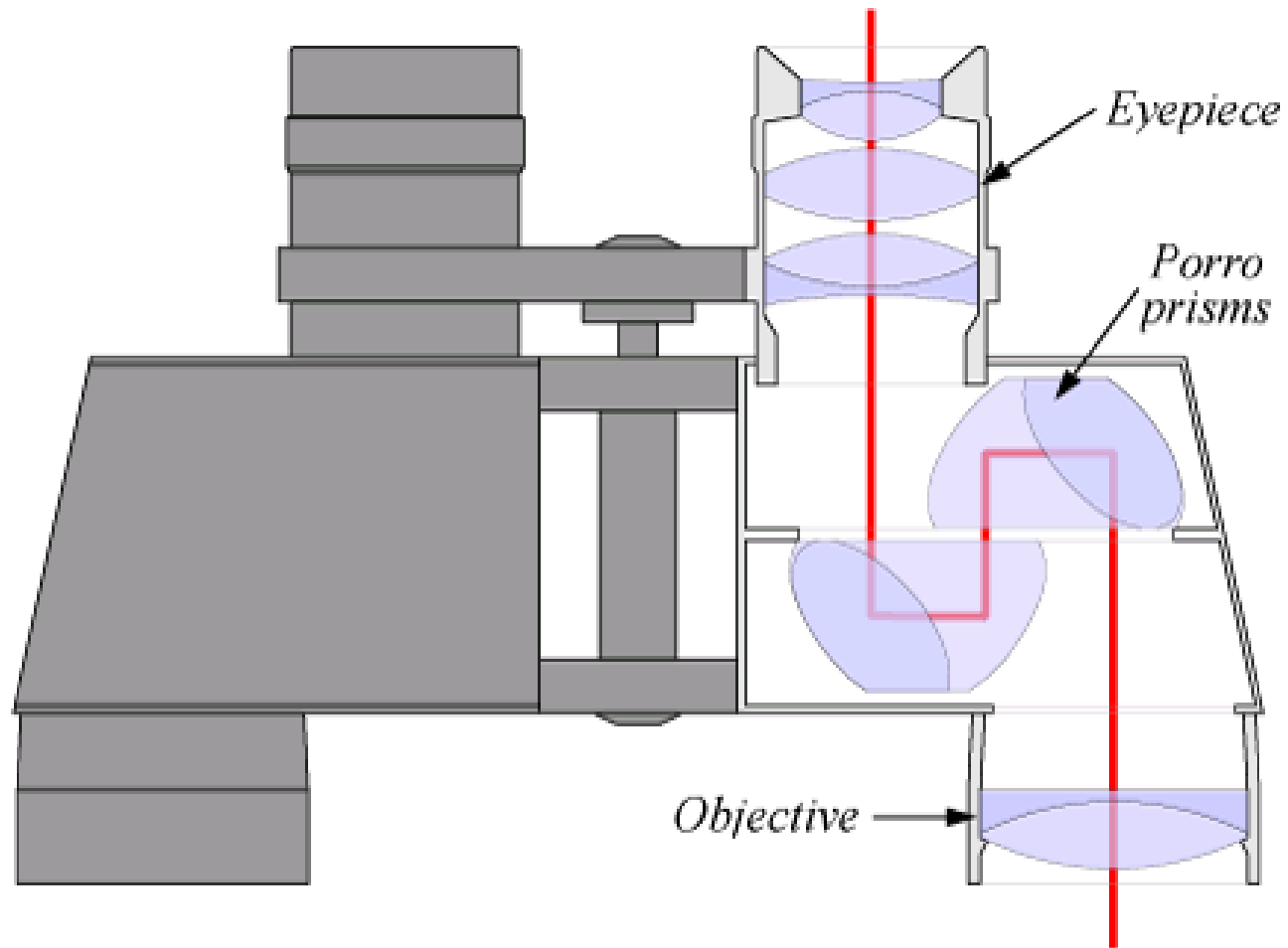
## Synvinkel





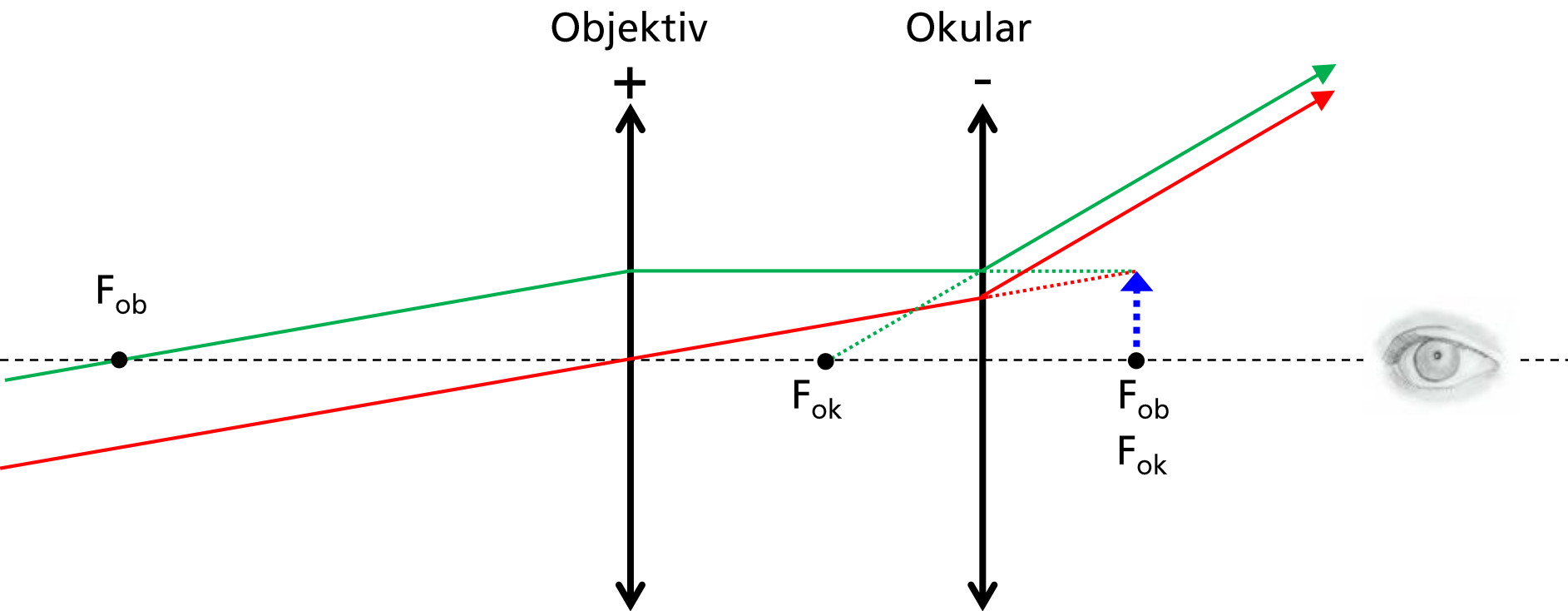
# Exempel: Fältkikare

I princip en Keplerkikare



# Galileikikaren

## Vinkelförstoring



$$\text{Kikarens vinkelförstoring: } G = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{h}{|f_{ok}|} \frac{f_{ob}}{h} = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$



# Sammanfattning

## Optiska instrument

---

Skärpedjup:  $s \approx \frac{a^2}{1000 \cdot D} = \frac{a^2}{1000 \cdot f} b_t$       Bländartal:  $b_t = \frac{f}{D}$

Vinkelförstoring:  $G \equiv \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\text{synvinkel med optiskt instrument}}{\text{synvinkel utan optiskt instrument}}$

Lupp/förstoringsglas:

$$G = \frac{d_0}{f} = \frac{25 \text{ cm}}{f}$$

Mikroskop:

$$G = |M_{ob}| \cdot G_{ok}$$

Kepler-/Galileikikare:

$$G = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

