

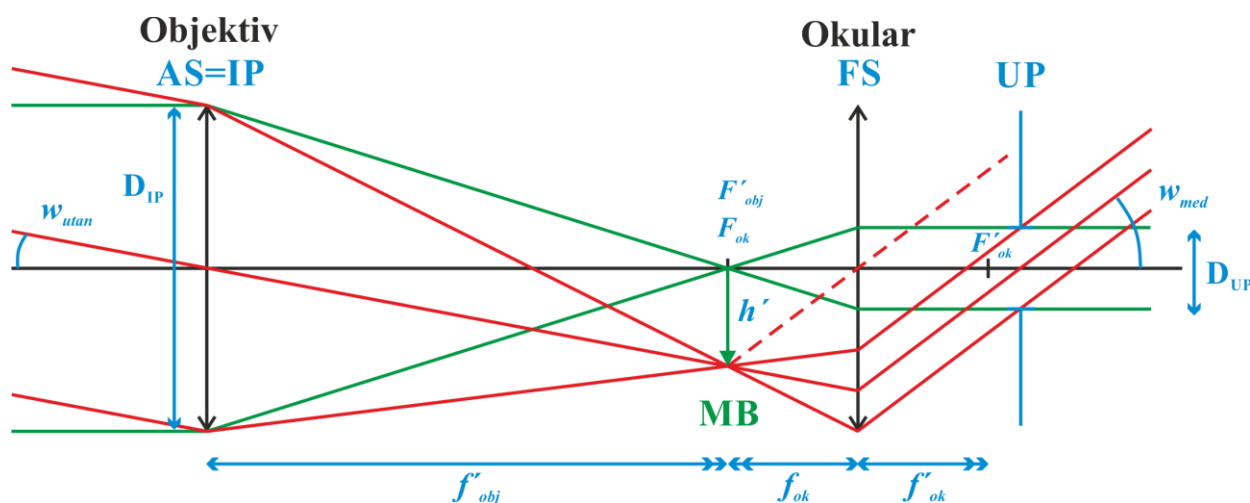
Föreläsning 14 (kap 6.5-6.6 i Optics)

Ju längre bort ett objekt är desto mindre synvinkeln upptar det (objektet avbildas alltså till en mindre bild på näthinnan). För att kunna se detaljer i avlägsna objekt behöver vi en större bild på näthinnan, vilket kan fås genom att förstora synvinkeln med hjälp av teleskop/kikare.

Teleskop (kikare) - vinkelförstoring för avlägsna objekt

Ett teleskop består av två linssystem: ett objektiv och ett okular, precis som för mikroskopet. Men i teleskopet är avståndet mellan objektiv och okular valt så att bakre fokuspunkten för objektivet sammanfaller med främre fokuspunkten för okularet (normalinställning).

Princip (astronomiskt "Kepler" teleskop med positivt okular)



Objekt i oändligheten, bild i oändligheten!

Objektivet har lång fokallängd f'_{obj} (svag styrka) för att ge en stor mellanbild av det avlägsna objektet i bakre fokuspunkten (F'_{obj}).

Okularet fungerar som en lupp för att titta på mellanbilden. Slutbilden efter okularet skall hamna i oändligheten vid normalinställning (F_{ok} på samma ställe som F'_{obj})*. Det innebär att:

$$d = f'_{obj} + f'_{ok}$$

Vinkelförstoring

Synvinkel utan instrument: w_{utan}



Detta är alltså vinkeln på de parallella strålarna från överkanten av objektet på väg in i teleskopet! (se röda strålar i fig. ovan).

* Detta innebär att systemet är afokalt: $F_E = F_{obj} + F_{ok} - dF_{obj}F_{ok} = 0$ eftersom $d = \left(\frac{1}{F_{obj}} + \frac{1}{F_{ok}} \right)$

Förstoringen i teleskopet sker i två steg:

Objektivet bestämmer mellanbildens storlek[†]:

$$h' = f_{obj}' \cdot w_{utan} = -f_{obj}' \cdot w_{utan}$$

Okularet förstorar mellanbilden som en lupp, vilket ger synvinkel med instrument[†]: w_{med}

$$w_{med} = \frac{h'}{f_{ok}'} = -\frac{f_{obj}' \cdot w_{utan}}{f_{ok}'}$$

Vinkelförstoring i teleskopet:

$$M = \frac{w_{med}}{w_{utan}} = -\frac{f_{obj}'}{f_{ok}'}$$

Ljushöjd och synfält

I ett teleskop är objektivet alltid aperturstopp (AS) och okularet fältstopp (FS).

Ett extra fältstopp i mellanbilda-plan ger ett skarpt avgränsat synfält (undviker vinjettering).

Ögat placeras optimalt vid utträdespupillen (UP) för maximalt synfält.

UP större än pupill => bra, ögat är AS och begränsar ljushöjden, detta ger en ljus bild.

UP mindre än pupill => sämre, kikaren begränsar ljushöjden, ger mörk bild

UPs diameter ges av:

$$\frac{D_{UP}}{D_{IP}} = \left| \frac{f_{ok}'}{f_{obj}'} \right| = \frac{1}{|M|} \quad (|M| \text{ innebär absolutbeloppet, alltså inget tecken på förstoringen})$$

Märkning av kikare/teleskop

Exempel: 10 x 25 6.5° = M x D_{IP} synfält för halvbelysning°

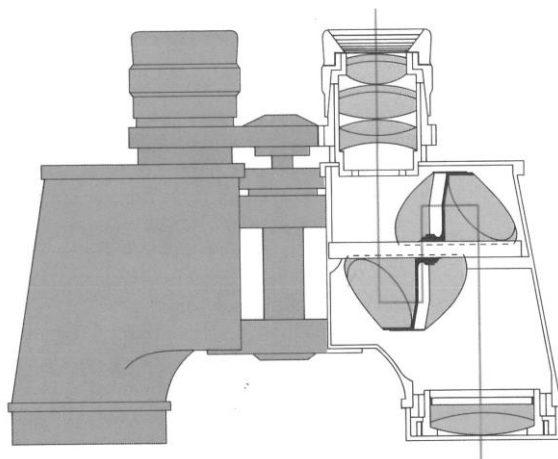
I exemplet är vinkelförstoringen 10ggr, D_{IP} (diameter inträdespupill) är 25 mm och gradtalet är synfältet för halv belysning.

$$D_{UP} = \frac{D_{IP}}{|M|} = 2.5 \text{ mm}$$

Kikare - skillnader mot astronomiskt teleskop

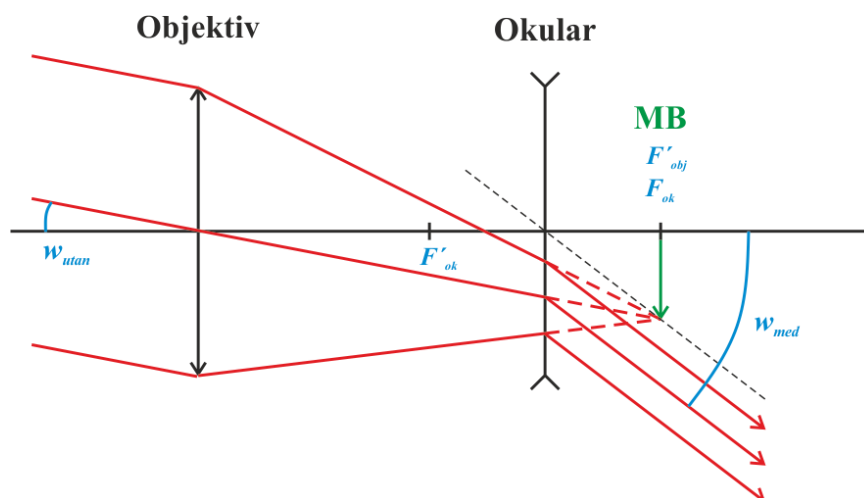
Kikare har

- Avståndsställning för mer närliggande objekt (ändra avstånd mellan linserna)
- Stereoskopiskt seende (båda ögonen)
- Rättvänd bild!
 - Prismor
 - Två teleskop efter varandra ("piratkikare" eller "tubkikare")
 - Negativt okular (Galilei-teleskop)



[†] Vinkel är liten så tangens kan strykas, gäller alltså för w_{utan} och w_{med} i radianer

Principen för ett Galilei-teleskop är densamma som för astronomiskt teleskop, förutom att okularet är negativt och mellanbilden därför utgör ett virtuellt objekt till okularet. Detta ger en rättvänd bild, men nackdelen är att UP ligger inuti kikaren och synfältet därför blir dåligt.



Galilei-kikare

Hårkors och retikelskalor

Om man placerar ett transparent extraobjekt i mellanbilden i ett astronomiskt teleskop eller ett mikroskop så kan man se extraobjektet överlagrat på det objekt man tittar på med instrumentet.

Genom att använda en graderad skala (*retikel/retikelskala*) i mellanbilden i mikroskop/kikare kan man direkt avläsa av objektsstorlek eller synvinklar.

Ett hårkors i mellanbilden till ett teleskop gör att man kan rikta teleskopet mot en viss punkt på objektet (kikarsikte).

Verkliga instrument (kikare och mikroskop)

Kikarokular \Leftrightarrow sammansatt linssystem

Kikarobjektiv \Leftrightarrow kan vara ensam lins

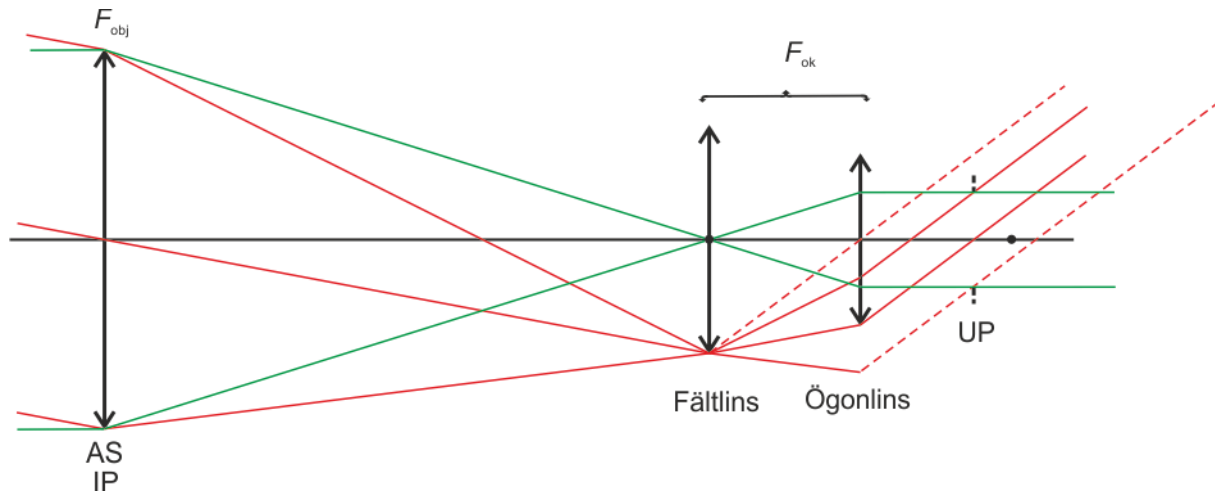
Mikroskopokular \Leftrightarrow kan vara två linser

Mikroskopobjektiv \Leftrightarrow sammansatt linssystem

Tidigare givna formler för förstoring mm. i mikroskop och teleskop gäller om man räknar med huvudplan och effektiva styrkor/fokallängder för objektiv och okular.

Enkla mikroskopokular

Stort synfält i teleskop och mikroskop kräver stor diameter på okularet som utgör fältstopp. I enkla okular löser man problemet genom att sätta in en extra fältlins i mellanbilden. (Denna lösning förekommer i mikroskopokular).



Fältlinsen har följande för- och nackdelar:

- + Bryter strålarna så att ögonlinsen kan göras mindre.
- + Flyttar UP
- + Utgör FS
- + Minskar avbildningsfelen
- Smuts på fältlinsen syns i bilden
- Retikel kan inte placeras i mellanbildaplanet

För att lösa de två sista problemen kan man antingen:

- Flytta fältlinsen mot objektivet => ”Huygens okular”
- Flytta fältlinsen mot ögonlinsen => ”Ramsdens okular”