

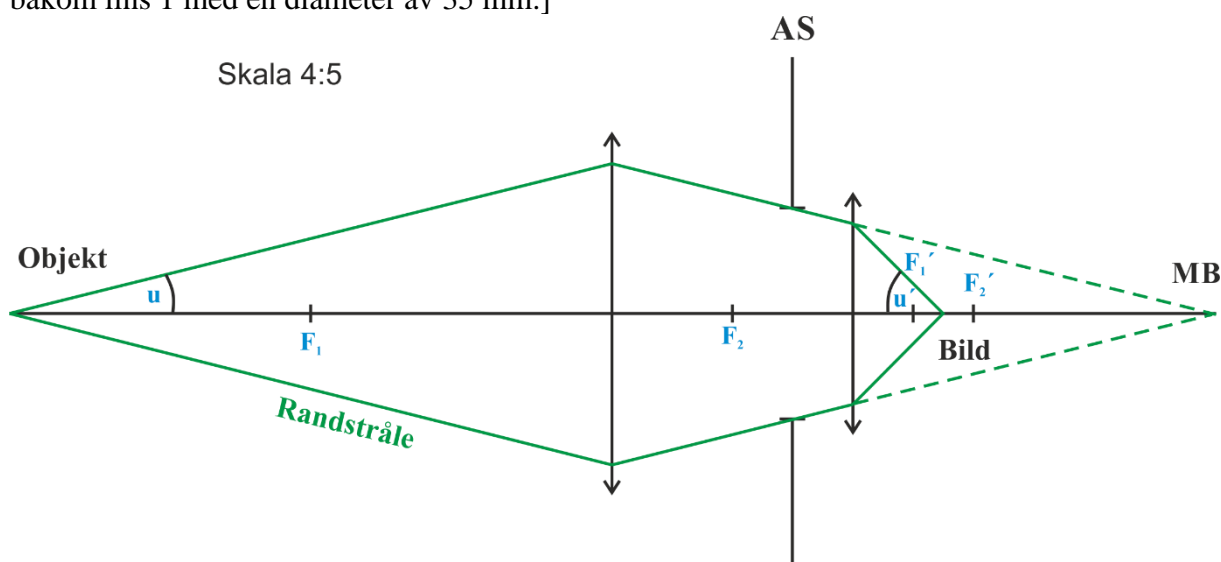
Föreläsning 11 (kap 5.7-5.8 i Optics)

Hittills har vi behandlat avbildningen i sig, dvs. var bilden av ett objekt hamnar och vilken förstoring det blir. Det finns också andra krav man kan ställa på bilden. Vi vill exempelvis att bilden från en projektor på filmduken skall vara tillräckligt ljus och när vi tittar i ett mikroskop är det intressant att veta hur stor del av objektet man kan se. Detta beror på hur mycket ljus linserna släpper igenom vilket bestäms av hur stora öppningar de har, d.v.s. linsernas diametrar.

Hur ljus blir bilden?

Aperturstopp

[Exempel: Två tunna linsar med fokallängderna $f'_1=50$ mm och $f'_2=20$ mm placerade 40 mm från varandra avbildar ett reellt objekt som befinner sig 100 framför första linsen. Diametern på första linsen är 60 mm och 40 mm på den andra. Det sitter även en extra apertur 30 mm bakom lins 1 med en diameter av 35 mm.]



Aperturstopp, AS, är den lins eller öppning som begränsar strålnippet från en objektpunkt på optiska axeln.

En ljus bild får man om vinklarna u och u' är stora. Då samlas mycket ljus till bilden. Ett mått på ljusmängden är:

$$NA = n \cdot \sin u \quad (\text{Numerisk Apertur på objektsidan})$$

$$NA' = n' \cdot \sin u' \quad (\text{Numerisk Apertur på bildsidan})$$

Stor NA ger ljus bild.

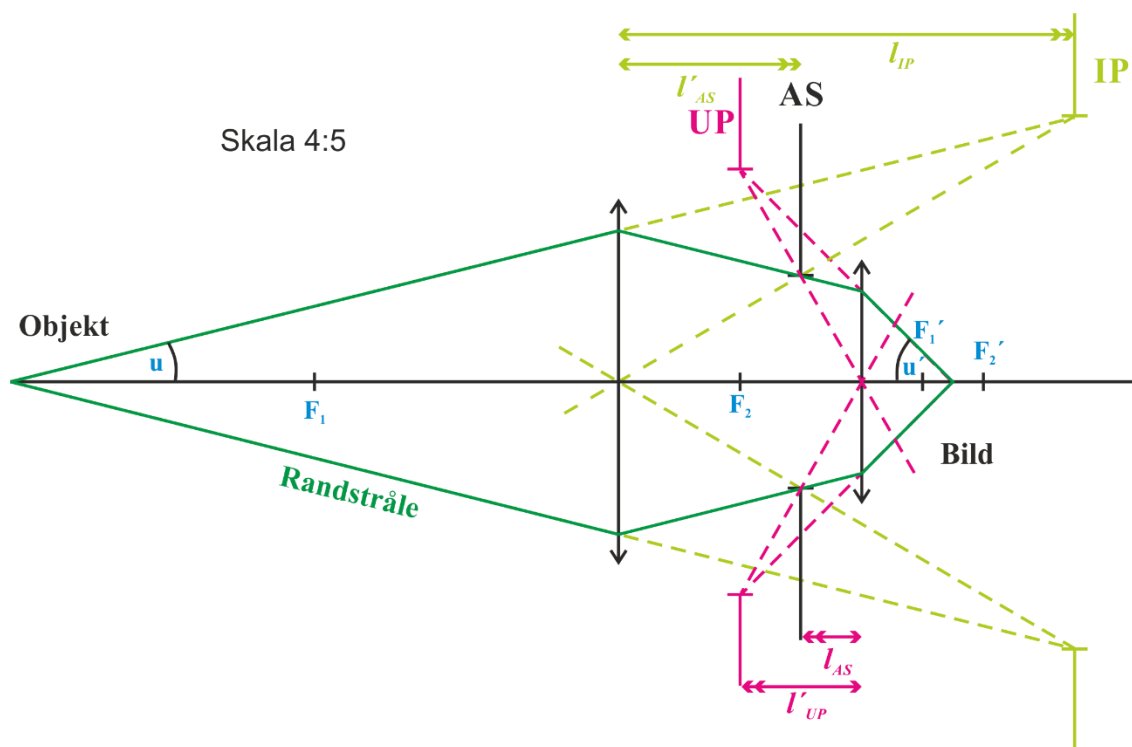
Bästa metoden för att hitta vilken öppning som är AS är att gissa och testa. Gissa att första öppningen/linsen är AS och drag en stråle från objektpunkten på axeln i kanten på första öppningen/linsen. Testa om det stämmer. Om strålen passerar alla andra öppningar var gissningen rätt och första öppningen/linsen är AS. Annars gissa på nästa...

Tänk på att AS beror på objektsavstånd, d.v.s. det kan vara olika öppningar som begränsar ljuset från avlägset respektive närliggande objekt.

[Se figur 5.27 i *Optics* för exempel på AS i olika system.]

Inträdes- och utträdespupill

Från figuren ser man att det inte är diametern på själva AS som avgör hur stora vinklarna u och u' blir eftersom det sitter linser mellan AS och objektet resp. mellan AS och bilden.



Inträdespupill, IP, är bilden av AS sett från objektrymten (från vänster i figuren).

Utträdespupill, UP, är bilden av AS sett från bildrymten (från höger i figuren).

(IP är alltså den bild av den verkliga öppningen AS man ser om man tittar in från objektsidan och UP är motsvarande från bildsidan.)

IP avbildas på AS som avbildas på UP om man går åt höger i figuren, alltså:

- En huvudstråle går mitt i AS, vilket betyder att den också går mitt i IP och UP när den bryts genom systemet (se fig. på nästa sida).
- En randstråle går i kanten på AS, vilket betyder att den också går i kanten på IP och UP när den bryts genom systemet.

Att räkna ut läge på IP och UP för linssystemet ovan:

IP är det objekt som ger AS som bild vid avbildning i lins 1:

$$L'_{AS} = L_{IP} + F_1 \quad m = \frac{h'_{AS}}{h_{IP}} = \frac{L_{IP}}{L'_{AS}}$$

Finns det ingen lins framför AS är IP = AS.

UP fås som bild när AS (som objekt) avbildas i lins 2:

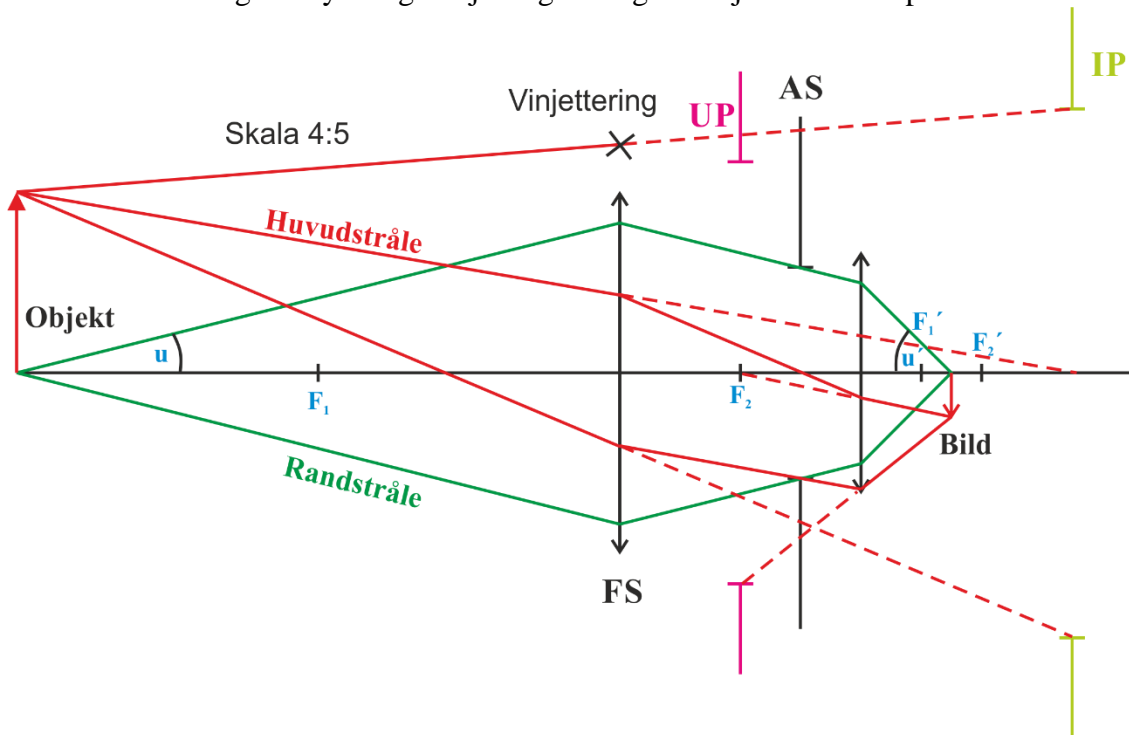
$$L'_{UP} = L_{AS} + F_2 \quad m = \frac{h'_{UP}}{h_{AS}} = \frac{L_{AS}}{L'_{UP}}$$

Finns det ingen lins bakom AS är UP = AS.

I detta fall är IP och UP virtuella, men det behöver inte vara så (se tex. kikare och mikroskop).
[Se även figur 5.30 i *Optics* för exempel på IP (= E, entrance pupil) och UP (= E', exit pupil)]

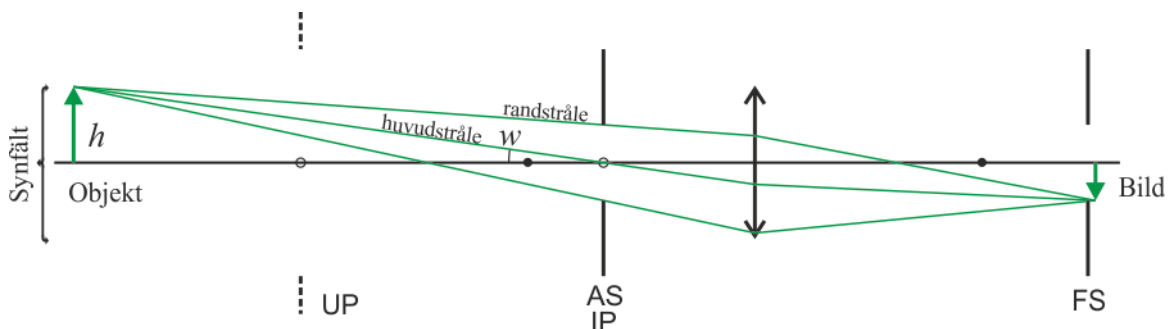
Hur stor del av objektet kan avbildas?

AS avgör hur ljus bilden av ett objekt nära optiska axeln blir. Om objektet ligger utanför optiska axeln kommer diametern på någon annan lens/öppning också begränsa ljuset. I detta fall är det lens 1 som ger en ytterligare ljusbegränsning för objekt utanför optiska axeln.



Fältstopp och synfält

[Enklare exempel: En tunn lens med fokallängden $f'=30$ mm avbildar ett reellt objekt som befinner sig 90 mm framför linsen. Diametern på linsen är 20 mm och en apertur med diametern 10 mm är placerad 20 mm framför linsen. Ytterligare en apertur med diametern 10 mm är placerad precis framför bildplanet.]



Fältstopp, FS, är den lens eller öppning som utöver AS begränsar strålnippet från en objektspunkt utanför axeln.

FS begränsar hur stora objekt som kan avbildas av det optiska systemet. Den del av objektet som verkligen kan avbildas kallas för synfältet (se fig.).

Det finns två sätt att ange synfält:

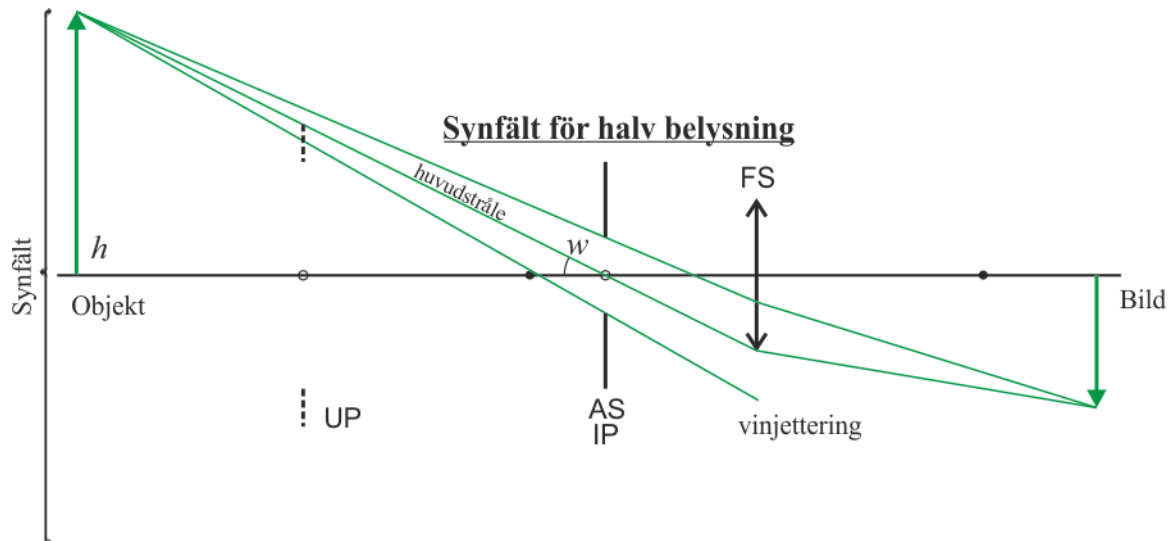
Synfält i meter $\Rightarrow 2h$

Synfält som vinkel (för avlägsna objekt) $\Rightarrow 2w$ (vinkel för huvudstrålen i kanten på synfältet)

Metoden för att hitta FS är precis som för AS att gissa och testa. Ta en stråle mitt i AS (som måste hittas först) och i kanten på det antagna FS och testa. Går strålen igenom alla andra ytor/aperturer är gissningen rätt. Man kan även använda uteslutningsmetoden, AS, IP eller UP kan aldrig vara FS!

Om FS sitter i ett mellanbilda-plan eller i bildplanet själv så blir gränsen på synfältet skarp, från helt ljus bild till ingen bild alls, dvs. mörker. Om FS inte sitter i ett mellanbilda-plan får man gradvis mörkare bild i kanten på synfältet. Detta fenomen kallas vinjettering.

[Exempel: Samma system som ovan men utan aperturen framför bildplanet.]



I figuren är det linsen själv som blir FS. Strålnippet från objektpunkten utanför axeln tappar gradvis strålar och bilden blir mörkare mot kanten av synfältet. Denna effekt kallas alltså vinjettering.

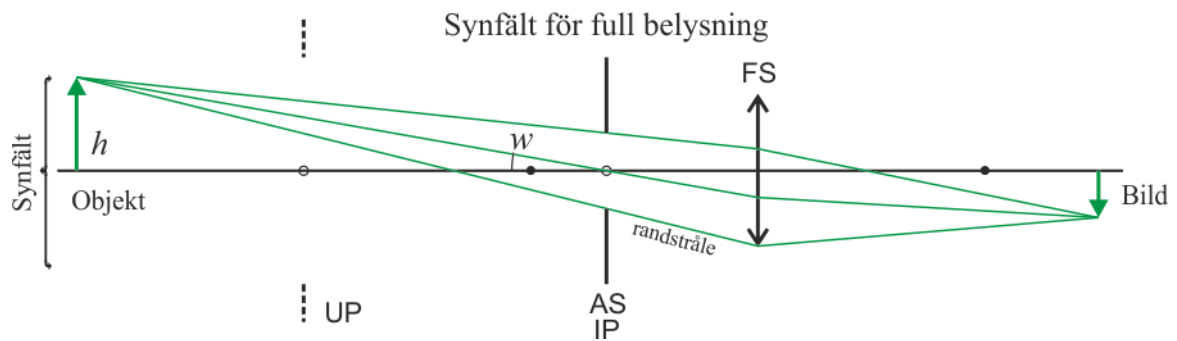
Synfält för halv belysning betyder så stort objektet kan vara utan att mer än hälften av ljuset från en objektpunkt i kanten försvinner genom vinjettering. Detta är den vanligaste och viktigaste definitionen på det vi kort kallar bara synfält.

Metod för att bestämma synfältet (för halv belysning)

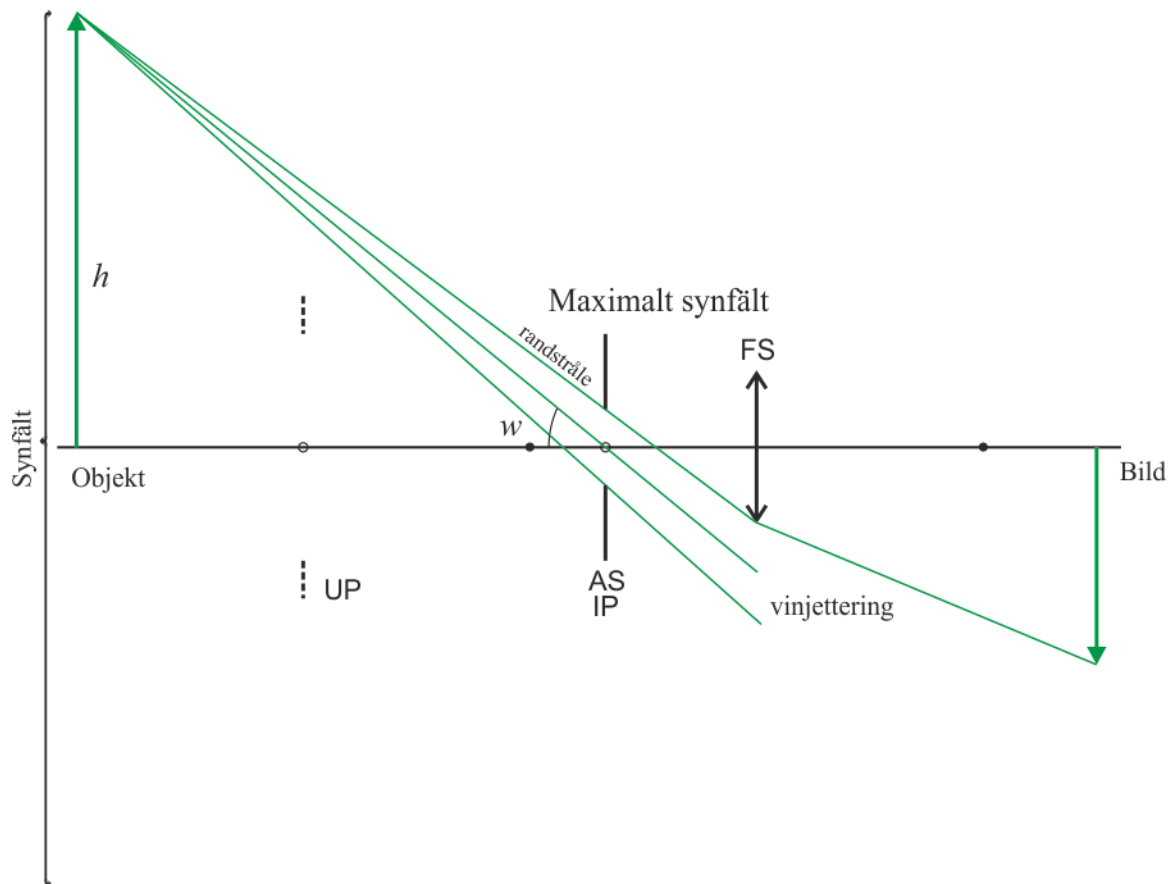
- 1 Bestäm AS
- 2 Beräkna eventuellt IP och UP
- 3 Bestäm FS
- 4 Drag stråle (huvudstråle) mitt i AS och i kanten på FS (strålen kommer också gå mitt i IP och UP).
- 5 Följ strålen med korrekt brytning hela vägen till objektet.

Synfält för halv belysning är den mest använda definitionen på synfält och när inget annat anges är det detta man menar med synfält.

(Figurerna på denna sida visar två andra definitioner av synfält. Dessa är inte viktiga för kursen utan finns med för att man skall förstå skillnaden mot synfält för halv belysning).



Synfält för full belysning utgörs av den del av objektet som kan avbildas utan att några strålar vinjetteras, dvs. bilden är lika ljus över hela synfältet.



Maximalt synfält utgörs av den del av objektet som över huvud taget kan avbildas med något ljus till bilden, dvs. bilden kommer vara nästan helt mörk mot kanten av det maximala synfältet.