

## Föreläsning 3

### Avbildning i tunn lins allmänt

Tunna linsens styrka:

$$F_{\text{tunn lins}} = \frac{(n_{\text{lins}} - n)}{r_1} + \frac{(n' - n_{\text{lins}})}{r_2},$$

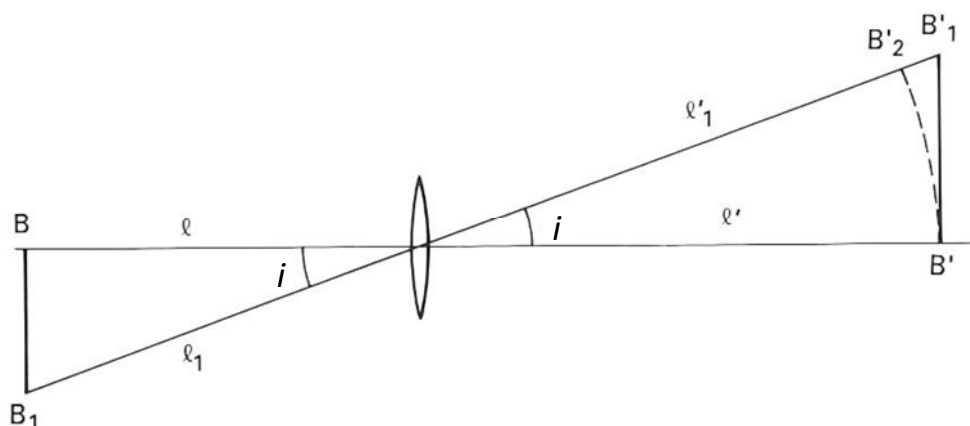
där  $n$  och  $n'$  är brytningsindex före och efter linsen. Denna formel gäller alltså även om det inte är luft på båda sidor av linsen.

Avbildningsformler för tunn lins (som inte behöver vara i luft):

$L' = L + F$	$L = \frac{n}{l}$	$L' = \frac{n'}{l'}$
$f = -\frac{n}{F}$	$f' = \frac{n'}{F}$	
$m = \frac{h'}{h} = \frac{L}{L'}$	$m = \frac{h'}{h} = -\frac{x'}{f'} = -\frac{f}{x}$	
$xx' = ff'$		

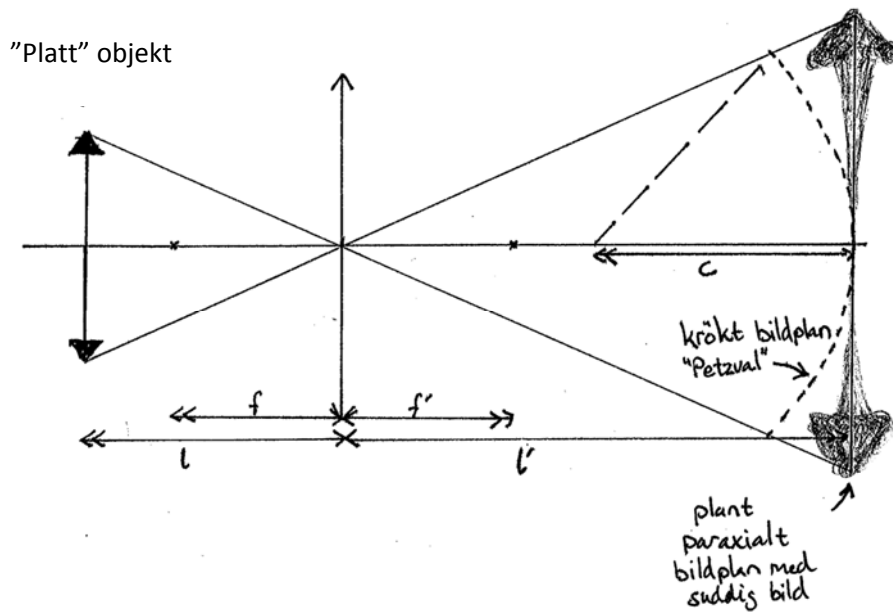
Dessa formler gäller alla optiska system.

### Bildfältskrökning - krökt bildplan (TA~yh<sup>2</sup>)



Paraxial avbildningsformel  $L' = L + F$  ger att  $l'$  blir mindre om  $l$  blir längre. Objektavståndet till linsen för ett plant objekt är längre för objektpunkter som ligger utanför optiska axeln. Alltså blir motsvarande bildavstånd för dessa punkter kortare än paraxialt bildavstånd och bilden blir krökt.

## Bildfältets krökning



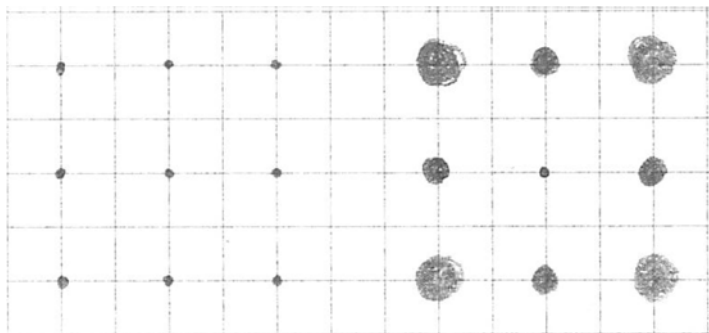
Petzvalytans krökningsradie för tunn lins i luft är  $C = -n_{lins} \cdot f'$ . Bildytans krökning blir då

$$C = \frac{1}{c} = \frac{1}{-n_{lins} \cdot f'} = -\frac{F}{n_{lins}} \quad (7.27)$$

Det krökta bildplanet ger upphov till suddig bild i det plana paraxiala bildplanet, suddigheten växer snabbt med avståndet från optiska axeln ( $\Delta \sim h^2$ ):

Objekt:

Bild i paraxiala bildplanet:



Man kan kombinera flera linser med olika  $n$  för att ta bort bildfältskrökningen:

$$C_{total} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

## Astigmatism (sned/radiell) (TA~yh<sup>2</sup>)

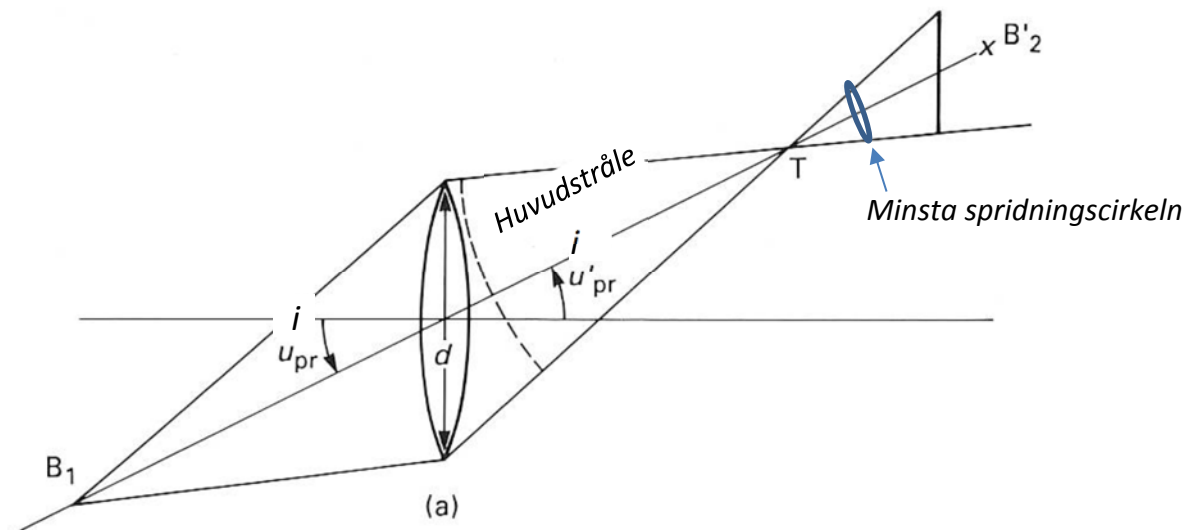
En positiv lins med viss diameter har större styrka ju tjockare den är på mitten.

En positiv lins med viss tjocklek på mitten blir starkare ju mindre diameter den har.

När man avbildar en objektpunkt som ligger långt utanför optiska axeln genom en lins kommer strålar i två olika plan "uppleva" olika linsstyrkor. Det ger upphov till sned/radiell astigmatism i en sfärisk lins.

### Tangentialplan (Meridionalplan):

Tangentialplanet innehåller huvudstrålen och optiska axeln (vanligtvis papprets plan när man ritar).\*

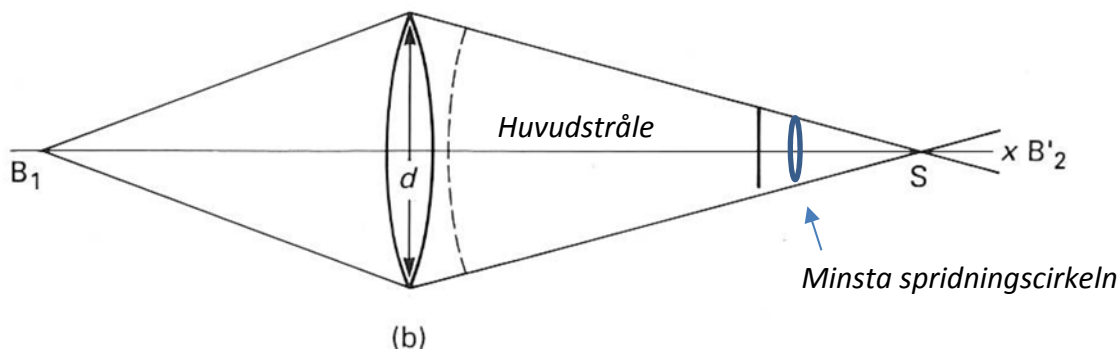


För de tangentiella strålarna är linsen både tjockare på mitten och har mindre diameter jämfört med den paraxiala linsen. Linsens styrka för tangentiella strålar ges av (gäller tunn lins):

$$F_T = \frac{F_S}{(\cos i)^2}$$

### Sagittalplan:

Sagittalplanet innehåller huvudstrålen och är vinkelrätt mot tangentialplanet.\*

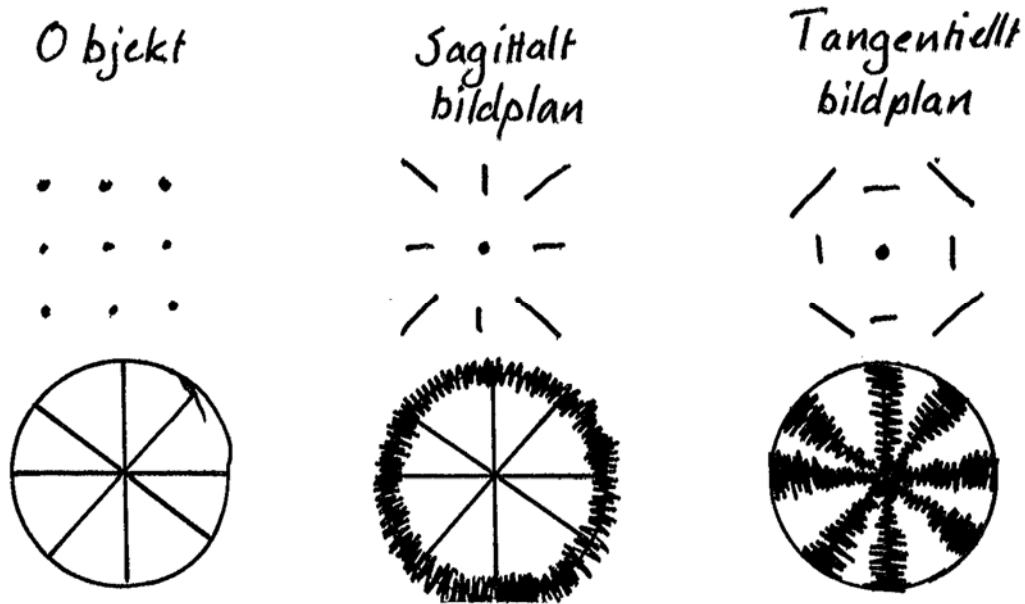


För de sagittala strålarna är linsen tjockare på mitten jämfört med den paraxiala linsen. Linsens styrka för sagittala strålar ges av (gäller tunn lins,  $F$  är paraxial styrka):

$$F_S = F \left( 1 + \frac{(\sin i)^2}{3} \right)$$

\*  $B'_2$  = Petzvalytan

### "Radiell" astigmatism med två linjefokus i krökta bildplan



Bilden blir bara skarp i en riktning i taget. Suddigheten växer snabbt med avståndet från optiska axeln ( $TA \sim h'^2$ ).

#### Minsta spridningscirkeln

- Bästa bild (symmetrisk suddighet)
- Ligger mittemellan tangentiellt och sagittalt linjefokus (i dioptrier räknat)

#### Sammanfattning bildfältskrökning och astigmatism ( $TA \sim h'^2 y$ )

- Ger krökta bildplan
- Andra aberration (efter koma) som dyker upp för objekt utanför optiska axeln, suddigheten ökar sedan snabbt med avståndet från optiska axeln ( $TA \sim h'^2$ )
- Varierar långsamt med aperturens storlek ( $TA \sim y$ )
- Påverkas ej av linsens formfaktor (detta gäller dock endast tunn lins med aperturstoppet intill linsen)