

# 1. Theorie der Abbildung

1. Modelle der optischen Abbildung ✓
2. Geometrisch optische Theorie der Abbildung
  - 2.1 Paraxiale Abbildung ✓
  - 2.2 Kollineare Abbildung ✓
3. Rechnergestützte paraxiale bzw. kollineare Dimensionierung von Abbildungen

 Programme: ABBI, PARAX

   
Grafisch  
Analytisch („von Hand“, Mathematikprogramm)  
Numerisch  
Experimentell

# Optiksoftware im Fachgebiet Technische Optik



**ABBI** DOS-Programm zur Dimensionierung einer **einzelnen idealen Abbildung** (Richter)



PARAX\_05 (2).Ink

**PARAX**iales Dimensionierungsprogramm **von idealen Abbildungsfolgen**  
(FGTO/ B. Mitschunas)



LensVIEW (2).Ink

**LensVIEW** **Patentbibliothek** (Optical Data Solutions, Inc.)



Zemax.Ink

**ZEMAX** (Focus Software, Inc)



CODE V 9.80.Ink

**CODE V** (Optical Research Associates)



Asap.Ink

**Advanced Systems Analysis Program** (Breault  
Research Organization)

# Programm ABBI

<http://www.maschinenbau.tu-ilmenau.de/mb/wwwto/to.htm>

Download von Programm

***ABBI***

Dimensionierung einer einzelnen (ein- bzw. zweifachen) kollinearen Abbildung für "Linse" und "Spiegel"

# Dimensionierung mit dem Programm PARAX

**Lokale Parameter**

Bezugsflächen	- 0 -	- 1 -	- 2 -	- 3 -	- 4 -	- 5 -	Winkel Gradmaß
r'		30.5577	unendlich	unendlich	20.0000		
e'	42.2299	30.5577	80.0000	20.0000	25.0000		
h	0.0000	22.1115	16.0000	0.0000	-4.0000		-4.0000
u	-30.0000	11.4592	11.4592	11.4592	0.0000		
b'		-2.6180	1.0000	1.0000	unendlich		
l		152.7877	0.0000	0.0000	unendlich		
a		-42.2299	80.0000	0.0000	-20.0000		
a'		110.5577	80.0000	0.0000	unendlich		
hp	-4.5837	-4.5837	0.0000	12.0000	15.0000		0.0000
w	0.0000	-0.5944	-0.5944	-0.5944	34.3775		
hp		0.0000	1.0000	1.0000	-0.2500		
lp		unendlich	0.0000	0.0000	125.0000		
ap		unendlich	-0.0000	-0.0000	-100.0000		
ap'		30.5577	-0.0000	-80.0000	25.0000		
p'	unendlich	80.0000	80.0000	80.0000	unendlich		
rho		26.6952	16.0000	12.0000	19.0000		
K		1.7472	0.0000	0.0000	1.9000		
F		0.8327	0.0000	0.0000	0.0500		

**Systeminformationen**

- Mindestanzahl unabh. Beschreibungsgroßen: 13
- Systembrennweite: -7.64
- Gesamtlänge: unendlich
- Systemabmaß: unendlich
- Pupillenabmaß: unendlich
- Pupillenabmaß: 0.00
- Abstandsumme: 197.79
- Systemaulänge: 130.56
- Invariante: 2.40

**Parameter: Gliedbrennweite an Ebene 4**

aus-/einblenden

Graph showing focal length (f) vs. distance (d) for a lens system. The x-axis ranges from 12.08 to 20.00, and the y-axis ranges from 7.000 to 30.000. A red curve shows the relationship between the two variables.



Parax\_05.Ink

[\\_ Paraxdemo\\_05.zip \(10.006kB\)](#)

<http://www.tu-ilmenau.de/fakmb/Software.863.0.html>

# Kollineare Modellierung optischer Abbildungen

## Inhalte und Begriffe

Einfache Abbildung 

Zweifache Abbildung 

Kollineare Systembeschreibungsrößen  **SBG**

Kollineare Systemvorgabegrößen  **SVG**

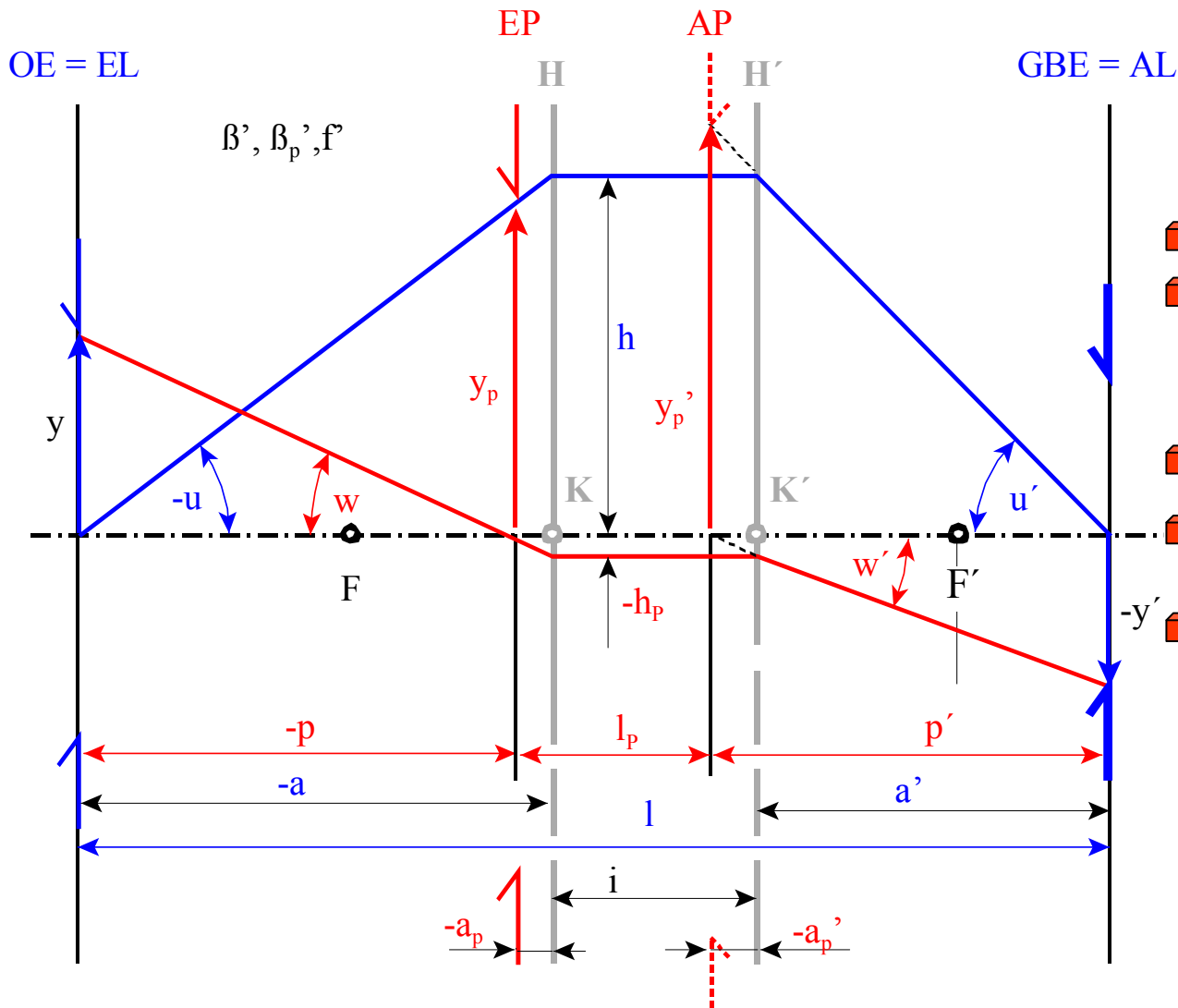
Kollineare Freiheitsgrade  **FG**

# Programme ABBI und PARAX

- Betrachtung zweifach optisch abbildender Systeme (Verkettete Abbildung)
  1. Definierte Objekt – Bildabbildung
  2. Definierte Pupillenabbildung
  
- Beschreibung der kollinearen Abbildung mit Hauptebenen, Brenn- und Knotenpunkten
  
- Anwendung:  
=Vorstufe zur Synthese eines optischen Systems  
Einfache analytisch numerische Behandlung von konkreten optischen Dimensionierungsaufgaben für Geräte- und Beleuchtungsoptik

# Kollineare Systembeschreibungsgroßen (SBG)

für die zweifache optische Abbildung (verkettete Abbildung)



## In PARAX:

- $HH'=i=0$
- Anzahl der SBG = 21

## In ABBI:

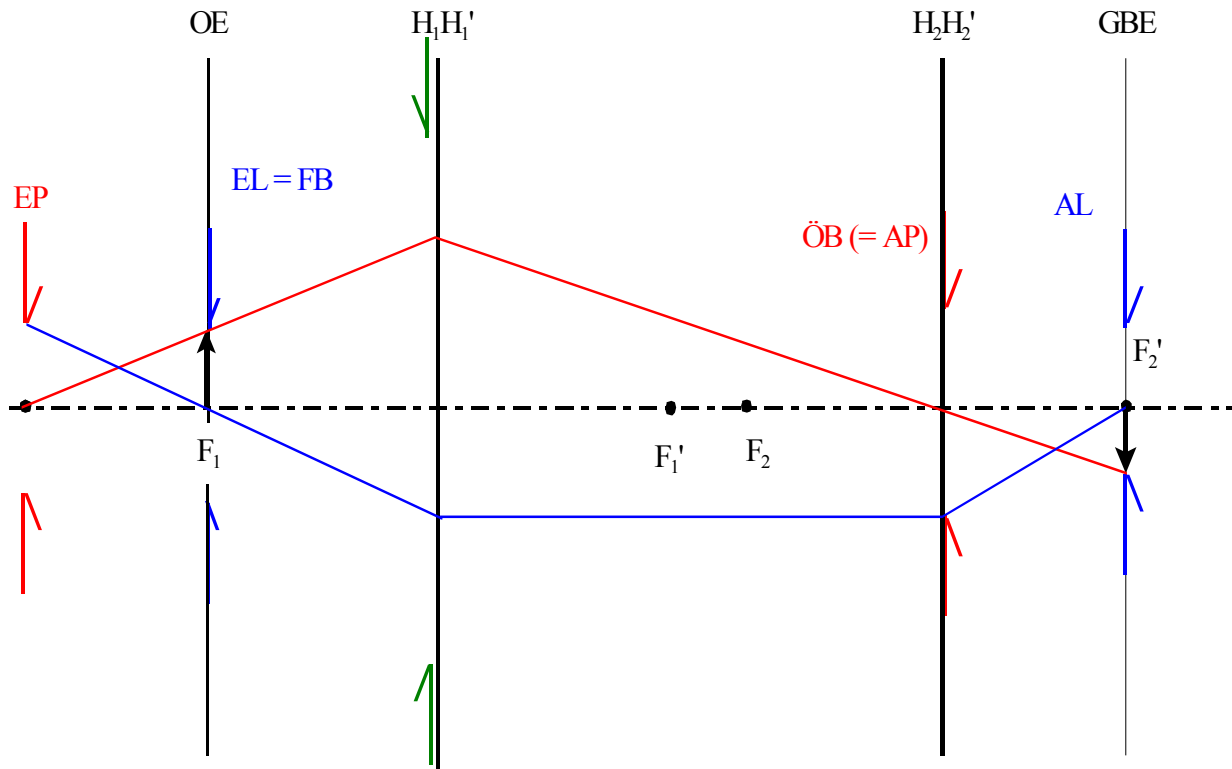
- Anzahl der SBG = 12
- Keine Berücksichtigung von Winkeln und Höhen!
- Nur einzelne Abbildung als Einzellinse/Einzelspiegel oder als Ersatzsystem einer komplexeren Optik!

# Zweifach optisch abbildendes System bestehend aus 2 Abbildungen

Nur in PARAX:

Mehrstufige Abbildungen  
dimensionierbar!

Darstellung des Systems mit  
den dazugehörigen  
Strahlengängen für Achs- und  
Feldpunkt!



— Hauptstrahl für die Abbildung des äußersten Feldpunktes

— Randstrahl für die Abbildung des Achspunktes

# ABBI



# PARAX



Dimensionierung einer einzelnen Abbildung bzw. einer Abbildungsfolge als Ersatzsystem über geschlossene (lineare, quadratische, kubische bzw. doppelt quadratische Formeln.



Prinzipielle Lösbarkeit einer einzelnen Abbildung eindeutig beantwortbar



Anfallen aller mathematischer Lösungen



Eingeschränkte Auswahl von Systembeschreibungsgroßen.



Universelles grafikunterstütztes Dimensionierungsprogramm für Abbildungsfolgen.



Allgemeiner Dimensionierungsalgorithmus unabhängig von der Anzahl der Abbildungen, beruhend auf der Beschreibung des Strahlenverlaufs über die Helmholtz-Lagrange-Invariante.



Lösungsvielvalt nur über Parametervariation erkennbar.



Lösungsverfolgung über Parameteriteration

# Anzahl prinzipieller Rechenkombinationen

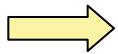
$$A\left(C_{FG}^{SBG}\right)$$

SBG – Anzahl der  
Systembeschreibungsgroßen

FG – Anzahl der Freiheitsgrade

Programm	Anzahl prinzipieller Rechenkombinationen	Anzahl ausführbarer Rechenkombinationen
<b>ABBI</b> einzelne einfache Abb. einzelne zweifache Abb.	$A\left(C_3^6\right) = 20$ $A\left(C_4^{12}\right) = 495$	16 326
<b>PARAX</b> einzelne zweifache Abbildung	$A\left(C_5^{21}\right) = 20349$	?

# Typische Probleme –prinzipiell lösbar?

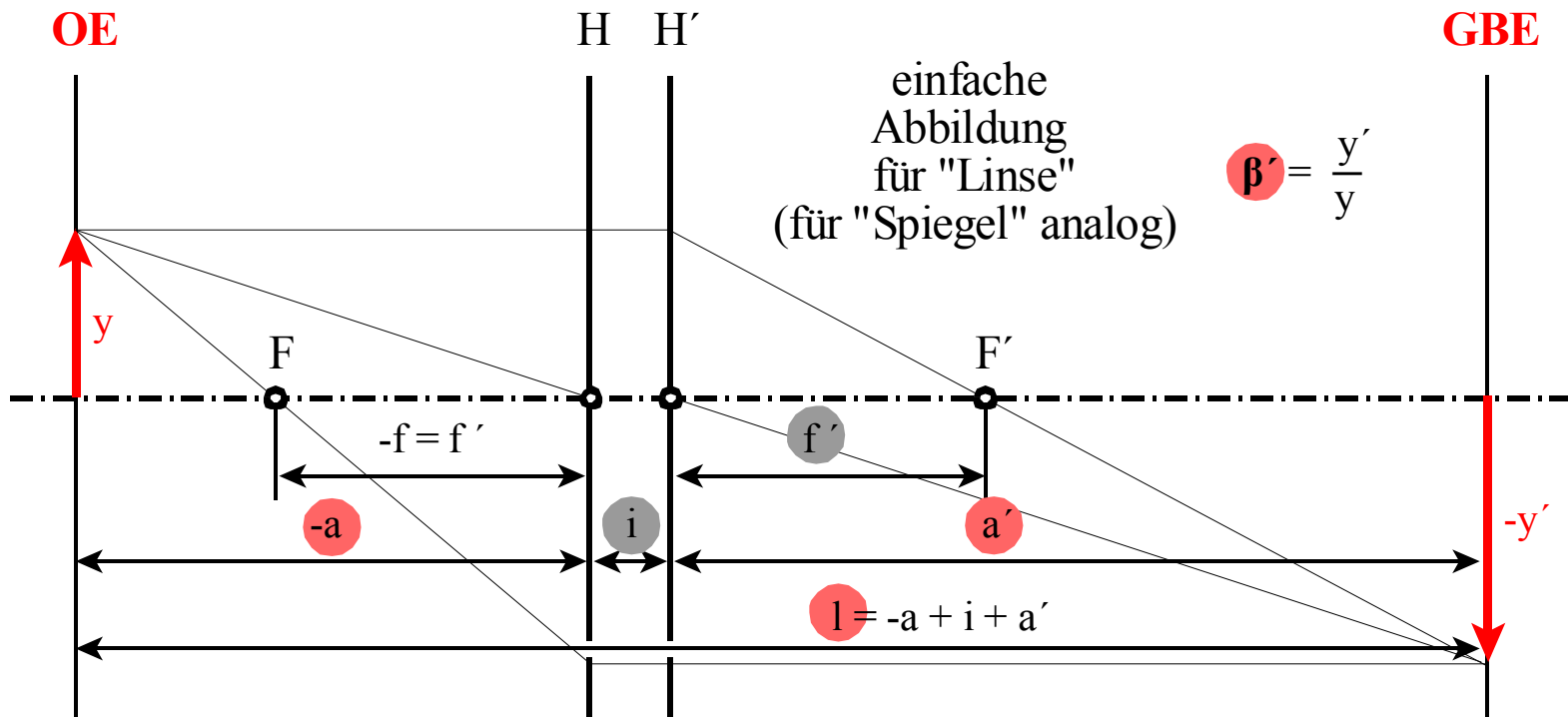


beantwortet mit dem Programm **ABBI**

vorgegeben	lösbar?	Problem
$l, \beta', l_p, \beta'_p$	ja	linear
$l, p, l_p, p'$	nein	
$\beta', p, \beta'_p, p'$	nein	
$a, l_p, p', i$	ja	kubisch
$l, l_p, f', i$	ja	doppelt quadratisch
$p, p', f', i$	ja	quadratisch

# Programm ABBI

Dimensionierung einer einzelnen (einfachen)  
kollinearen Abbildung für „Linse“ und „Spiegel“



Systemvorgabegrößen (SBG) grau und rot gekennzeichnet

6 SBG (Systembeschreibungsrößen), 3 FG (Freiheitsgrade)

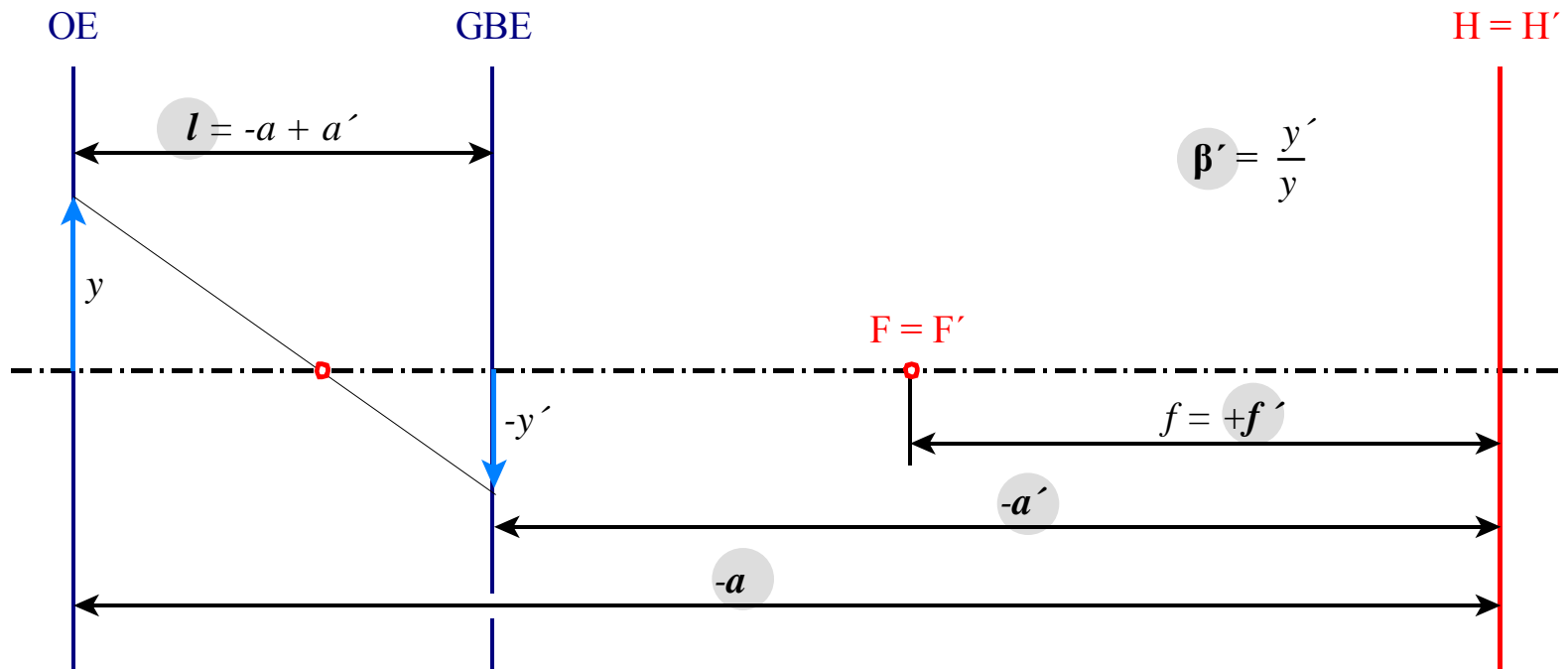
# Berechnung der einfachen Abbildung in ABBI (für: $f = -f'$ , $i=0 \rightarrow \text{SBG}=5$ )



●	$f' = -f$	$a$	$a'$	$l = -a + a'$	$\beta'$
1	*	*	$\frac{af'}{(a+f)}$	$-\frac{a^2}{(a+f)}$	$\frac{f'}{(a+f)}$
2	*	$\frac{a'f'}{(f'-a')}$	*	$-\frac{a'^2}{(f'-a')}$	$\frac{(f'-a')}{f'}$
3	*	$\frac{1}{2}(-l \pm \sqrt{l(l-4f)})$	$\frac{1}{2}(+l \pm \sqrt{l(l-4f)})$	*	$\frac{1}{2f'}(2f'-l \pm \sqrt{l(l-4f)})$
4	*	$\frac{f'(1-\beta')}{\beta'}$	$f'(1-\beta')$	$-\frac{f'(1-\beta')^2}{\beta'}$	*
5	$\frac{aa'}{(a-a')}$	*	*	$-a+a'$	$\frac{a'}{a}$
6	$-\frac{a(l+a)}{l}$	*	$l+a$	*	$\frac{(l+a)}{a}$
7	$\frac{a\beta'}{(1-\beta')}$	*	$a\beta'$	$-a(1-\beta')$	*
8	$-\frac{a'(a'-l)}{l}$	$a'-l$	*	*	$\frac{a'}{(a'-l)}$
9	$\frac{a'}{(1-\beta')}$	$\frac{a'}{\beta'}$	*	$-\frac{a'(1-\beta')}{\beta'}$	*
10	$-\frac{l\beta'}{(1-\beta')^2}$	$-\frac{l}{(1-\beta')}$	$-\frac{l\beta'}{(1-\beta')}$	*	*

Tabelle der SBG und Lösungsgleichungen, 2 Vorgabegrößen (SVG=FG)

# Zur einfachen Abbildung in ABBI („Einzelspiegel“ mit $i=0$ )



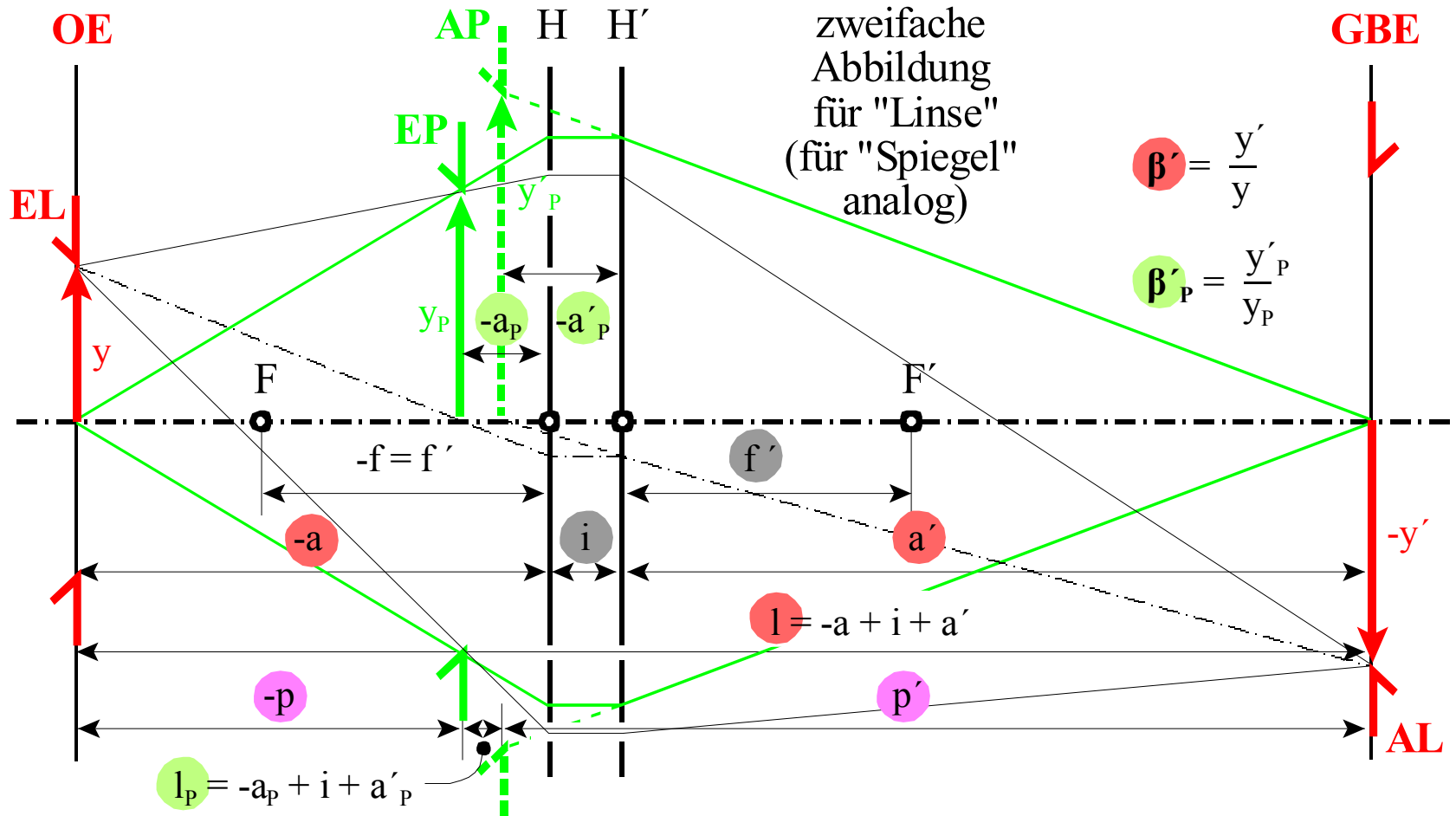
5 SBG (Systembeschreibungsrößen), 2 FG (Freiheitsgrade)

# Berechnung der einfachen Abbildung in ABBI für Spiegel ( $f = f'$ )

●	$f' = +f$	$a$	$a'$	$l = -a + a'$
1	✖	✖	$\frac{af'}{(a-f')}$	$\frac{a(2f'-a)}{(a-f')}$
2	✖	$-\frac{a'f'}{(f'-a)}$	✖	$\frac{a'(2f'-a')}{(f'-a)}$
3	✖	$\frac{1}{2}(2f'-l \pm \sqrt{4f'^2+l^2})$	$\frac{1}{2}(2f'+l \pm \sqrt{4f'^2+l^2})$	✖
4	✖	$-\frac{f'(1-\beta')}{\beta'}$	$f'(1-\beta')$	$\frac{f'(1-\beta'^2)}{\beta'}$
5	$\frac{aa'}{(a+a')}$	✖	✖	$-a+a'$
6	$\frac{a(l+a)}{(2a+l)}$	✖	$l+a$	✖
7	$-\frac{a\beta'}{(1-\beta')}$	✖	$-a\beta'$	$-a(1+\beta')$
8	$\frac{a'(a'-l)}{(2a'-l)}$	$a'-l$	✖	✖
9	$\frac{a'}{(1-\beta')}$	$-\frac{a'}{\beta'}$	✖	$\frac{a'(1+\beta')}{\beta'}$
10	$\frac{l\beta'}{(1-\beta'^2)}$	$-\frac{l}{(1+\beta')}$	$\frac{l\beta'}{(1+\beta')}$	✖

Tabelle der SBG und Lösungsgleichungen, 2 Systemvorgabegrößen

# Zweifache Abbildung mit ABBI



12 Systembeschreibungsgößen (SBG), 4 Freiheitsgrade (FG)

# Programm ABBI

The screenshot displays the ABBI program interface with two main windows. The top window, titled 'Linsenabbildung Spiegel', shows the results of a calculation. The bottom window, titled 'Dateneingabe - Zweifache Linsenabbildung', shows the input fields for the same calculation.

**Top Window: Linsenabbildung Spiegel**

Ergebnisausgabe - Zweifache Linsenabbildung

Eingabe	Lösung
a =	-598.5221675
a' =	299.2610837
→ l =	1000
→ β' =	-0.5
ap =	22.16748768
ap' =	19.95073892
→ lp =	100
→ βp' =	0.9
f' =	199.5073892
p =	-620.6896552
p' =	279.3103448
i =	162.2167488

Buttons: Drucken, Wiederholen, 0

Die mit '→' gekennzeichneten Werte wurden eingegeben.

**Bottom Window: Dateneingabe - Zweifache Linsenabbildung**

a =		ap =		f' =	
a' =		ap' =		p =	
l =	1000	lp =	100	p' =	
β' =	-.5	βp' =	.9	i =	

Buttons: Skizze, Ok, Abbruch

DOWN/UP - nächster/vorheriger Wert      RETURN - Rechnen      ESC - Abbruch

Paraxiale Dimensionierung einer einzelnen zweifachen Abbildung mit dem Programm ABBI



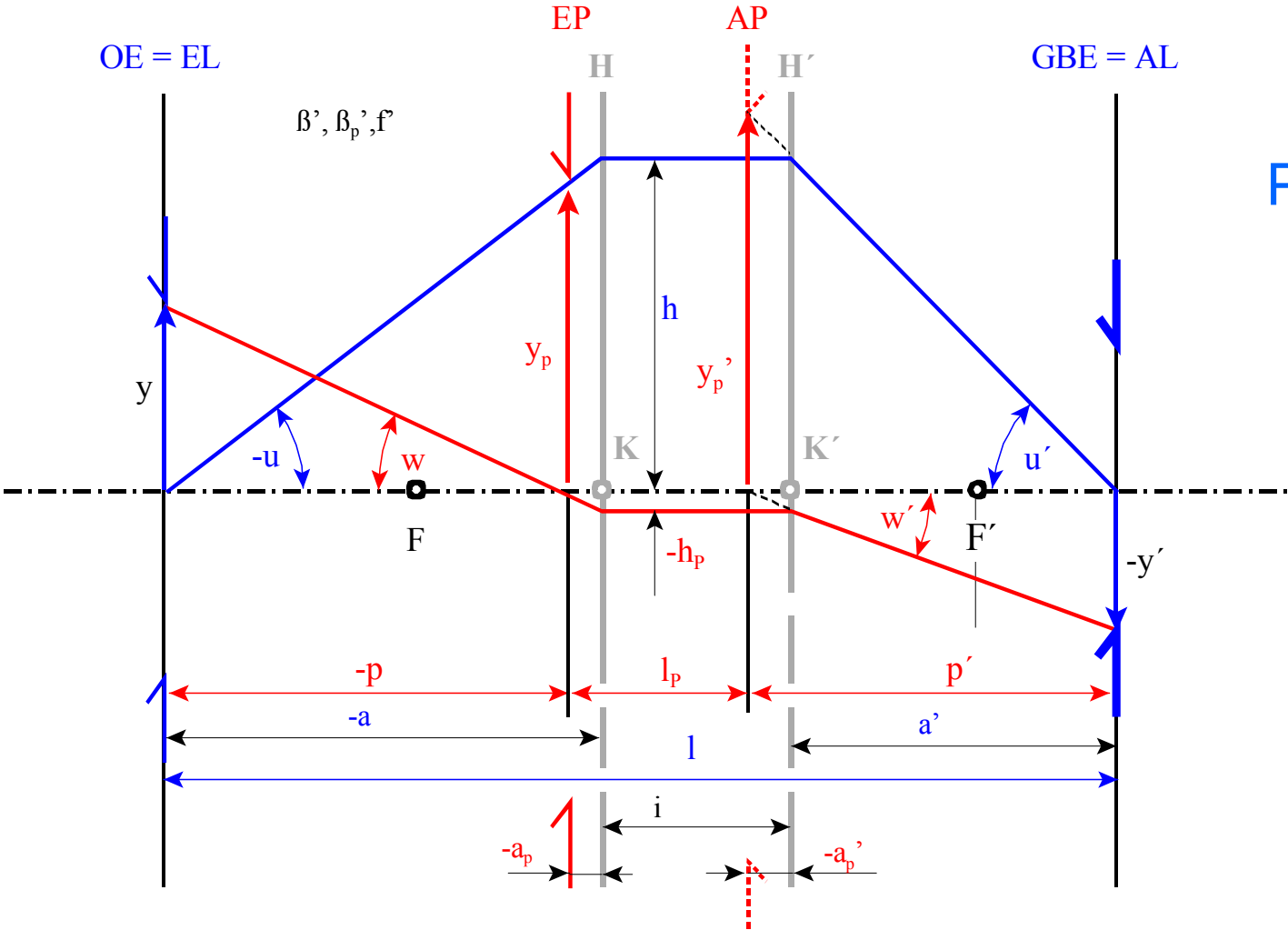
# Dimensionierung mit dem Programm PARAX

The screenshot displays the PARAX software interface with several windows open:

- Lokale Parameter:** A table showing parameters for reference planes (Bezugsebenen) 0 to 5. The table includes values for parameters like  $r$ ,  $e$ ,  $h$ ,  $u$ ,  $B$ ,  $l$ ,  $a$ ,  $a'$ ,  $hp$ ,  $w$ ,  $fp$ ,  $lp$ ,  $ap$ ,  $ap'$ ,  $p$ ,  $rho$ ,  $K$ , and  $F$ .
- Globale Parameter:** A window for global parameters with fields for 'Nr. Globaler Parameter', 'von', 'bis', and 'Wert'. It includes a list of global parameters and a 'STOP' button.
- Systeminformationen:** A window displaying system information such as 'Mindestanzahl unabh. Beschreibungsgroessen: 13', 'Systembrennweite: -7.64', 'Gesamtabb. laenge: unendlich', 'Systemabb. maest: unendlich', 'Pupillenabb. laenge: unendlich', 'Pupillenabb. maest: 0.00', 'Abstandssumme: 197.79', 'Systembaulaenge: 130.56', and 'Invariante: 2.40'.
- Strahlenverlauf:** A diagram showing the ray path through a lens system with four reference planes (HH\* 1, E 2, E 3, HH\* 4) and focal points (F 1, F 2).
- Parameter: Gliedbrennweite an Ebene 4:** A graph showing the relationship between the focal length and other parameters for the fourth lens element.

[\\_ Paraxdemo\\_05.zip \(10.006kB\)](#)

# Kollineare Systembeschreibungsgroßen (SBG)

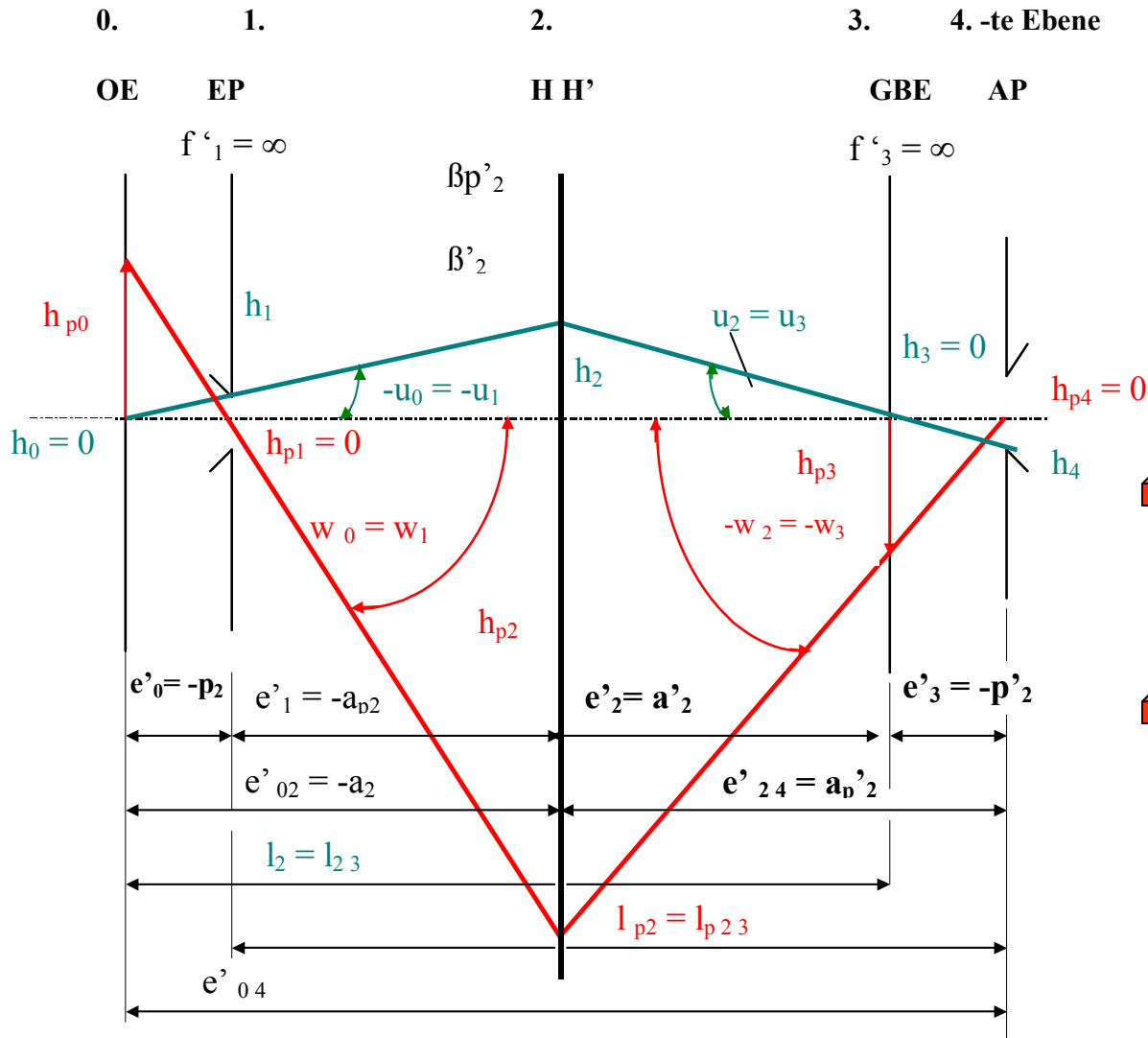


PARAX:

$$i=0!$$

$$n=n'$$

# Zur Umwandlung von möglichen SBG für eine Abbildung in SVG für das Programm PARAX



Beschreibung von abbildenden und nichtabbildenden Ebenen über Winkel und Höhen von Haupt- und Randstrahl.

Randebenen = nichtabbildende Ebenen (z.B. Objekt-, Bild- oder Pupillenebene)

- Hauptstrahl zum äußersten Feldpunkt, - Randstrahl zum Achspunkt

# Nützliche Formeln in Lagrangscher Schreibweise

Beschreibung des Strahlenverlaufes mittels Höhen und Winkeln:  
(Verwendung für die Dimensionierung in PARAX bzw. für die Matrixschreibweise)

## 1. Abbildungsgleichung

$$\tan \sigma'_k - \tan \sigma_k - h_k \cdot F'_k = 0 \quad (52)$$

## 2. Übergangsbedingungen

$$h_{k+1} - h_k + \tan \sigma_{k+1} \cdot e'_k = 0 \quad (53)$$

$$\tan \sigma'_k \cdot \beta'_k - \tan \sigma_k = 0 \quad (54)$$

$$\tan \sigma_k \cdot \tan \sigma_{k-1} \cdot l_k + h_k \cdot (\tan \sigma_k - \tan \sigma_{k-1}) = 0 \quad (55)$$

## 3. Verknüpfung von $\beta'$ , $l$ , $F'$

$$\beta'_k \cdot l_k \cdot F'_k + (1 - \beta'_k)^2 = 0 \quad (56)$$

# Schreibweisen der Helmholtz-Lagrangeschen Invariante

1. Verknüpfung von Haupt- und Randstrahlkoordinaten für eine Abbildung:

$$h_{pk} \tan u_k - h_k \tan w_k = I, \quad \text{mit: } k = 1 \dots N - 2 \quad (57)$$

2. Verknüpfung von Haupt- und Randstrahlkoordinaten für den Übergang:

$$h_{pk} \tan u_{k-1} - h_k \tan w_{k-1} = I, \quad \text{mit: } k = 1 \dots N - 2 \quad (58)$$

# Freiheitsgrade für die optische Abbildung im Programm PARAX

$$Fg(N) = 3 + 2 ( N - 1 ) \quad \text{mit} \quad N \geq n + 2 \quad (59)$$

Fg(N) = Freiheitsgrad bezüglich PARAX,  
d.h. Anzahl notwendiger voneinander unabhängiger  
Systembeschreibungsgößen (Sbg) zur vollständigen  
Berechnung eines paraxialen Optikschemas

N = Anzahl definierter abbildender und nichtabbildender Ebenen

n = Anzahl der abbildenden Ebenen (Beispiel: n=1, N=5, Fg =11)

# Lokale und globale Systembeschreibungsgrößen (SBG):

## 1) lokale Systembeschreibungsgrößen:

- $f'$  Brennweite eines abbildenden Elementes
- $e'$  Abstand zwischen den Ebenen
- $h$  Randstrahlhöhe
- $u$  halber Öffnungswinkel
- $\beta'$  Abbildungsmaßstab
- $l$  Abbildungslänge
- $a$  Objektschnittweite
- $a'$  Bildschnittweite
- $h_p$  Hauptstrahlhöhe
- $w$  halber Feldwinkel
- $\beta'_p$  Pupillenmaßstab
- $l_p$  Pupillenabbildungslänge
- $a_p$  Pupillenschnittweite (objektseitig)
- $a'_p$  Pupillenschnittweite (bildseitig)
- $p$  Abstand von Eintrittspupille zu Objektebene
- $p'$  Abstand von Austrittspupille zu Bildebene

# Weitere Systembeschreibungsgrößen

## 2) Globale SBG vom k-ten zum L-ten Element :

- $f'_{kL}$  Ersatzbrennweite
- $\beta'_{kL}$  Vergrößerung
- $\beta'_{kL}$  globaler Abbildungsmaßstab
- $\beta'_{pkL}$  globaler Pupillenabildungsmaßstab
- $l_{k,L}$  globale Abbildungslänge
- $l_{pkL}$  globale Pupillenabbildungslänge
- $e'_{kL}$  Abstandssumme

## 3) Zusätzliche Bewertungsgrößen :

- $\rho$  abschattungsfreier Radius eines abbildenden Elementes
- $K$  Relative Öffnung eines abbildenden Elementes



$$\rho = |h| + |h_p| \quad (60)$$

$$K = \frac{2\rho}{f'} \quad (61)$$

sphärische Einzellinse:  $K \leq 2$  !



$K = K_{\max}$ , wenn  $f^{\circ} = f^{\circ}_{\min}$ , d.h. minimale Linsenradien

Grenzwert (für  $n = 1.5$ ):  $2r = 2\rho$  (Kugel)

# Beispiel 1

## Dimensionierung eines astronomischen Fernrohres

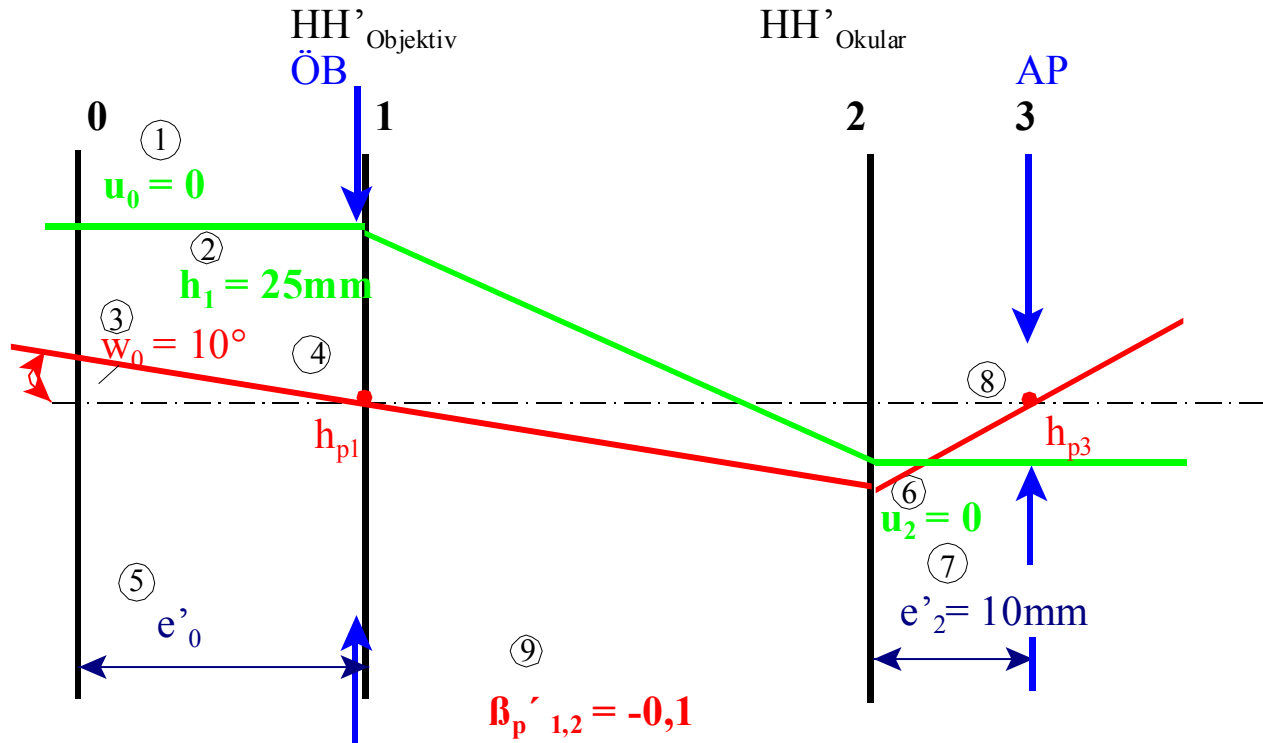
### Forderungen :

<b>Vergrößerung</b>	:	<b>-10x</b>	
<b>Objektfeldwinkel</b>	:	<b>2w</b>	<b>= 20°</b>
<b>Durchmesser der Öffnungsblende</b>	:	<b>2h<sub>EP</sub></b>	<b>= 50 mm</b>
<b>Abstand der Austrittspupille</b>	:	<b>a'<sub>p</sub></b>	<b>= 10 mm</b>



# Ableiten der SVG für das astronomische Fernrohr

## Prinzipskizze



Anzahl der notwendigen Systembeschreibungsgößen:

$$N = n + 2 = 4$$



$$Fg = 3 + 2(N - 1) = 9$$







# DELANO-Diagramm

## Rechtwinkliges Koordinatensystem:

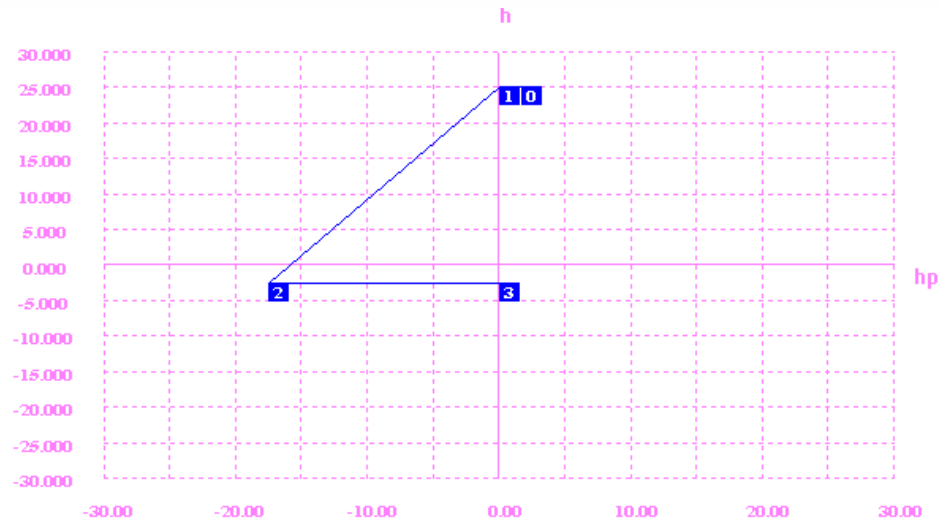
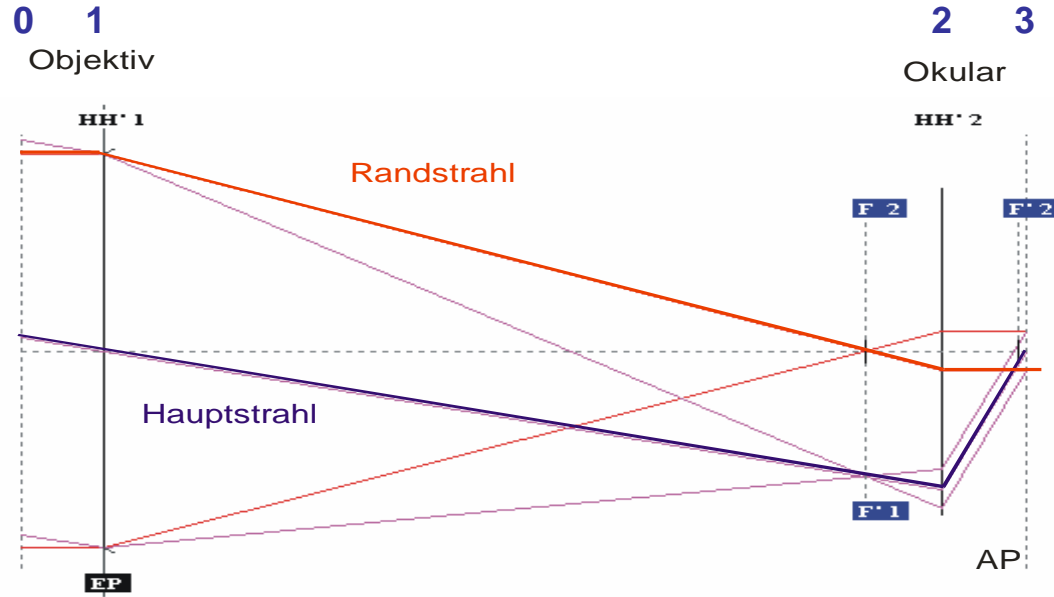
**Ordinate :** Höhe eines Randstrahls für die Abbildung eines Achspunktes

**Abzisse:** Höhe eines Hauptstrahls für die Abbildung des äußersten Feldpunktes an ausgezeichneten Ebenen (Pupillen, Objekt, Bild, Hauptebenen,..)

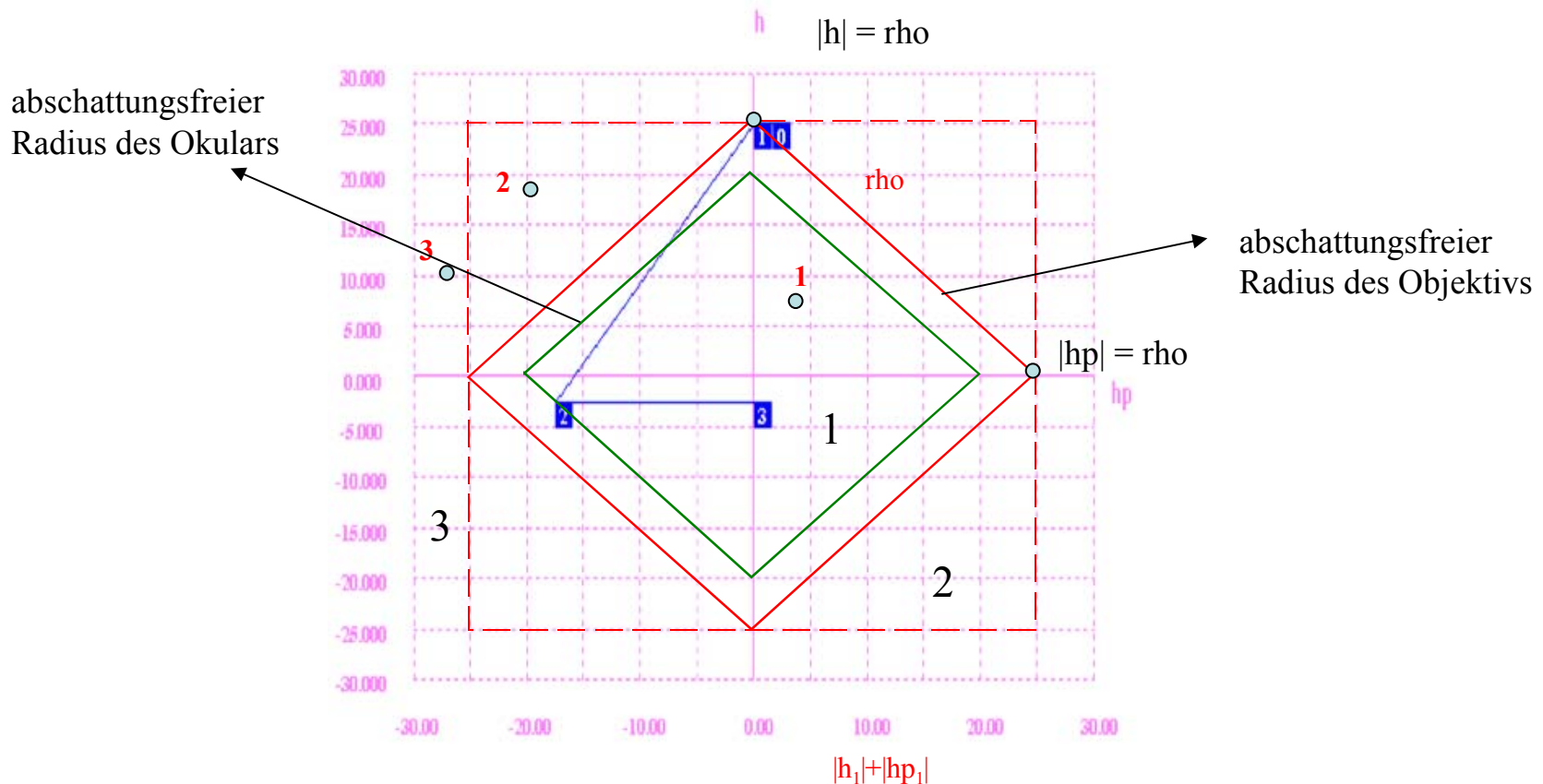
# Eigenschaften des Delanodiagramms

-  Zu jeder Ebene senkrecht zur optischen Achse gehört ein Punkt auf dem Polygonzug im Delanodiagramm.
-  Die Durchstoßhöhe des Hauptstrahls mit dieser Ebene ist gleich der Abszisse, die Durchstoßhöhe des Randstrahls ist gleich der Ordinate.
-  Sind zwei Ebenen optisch konjugiert zueinander, liegen die zugehörigen Punkte im Delano-Diagramm auf einer Geraden durch den Koordinatenursprung.
-  Jede Sammellinse lenkt den Polygonzug zum Ursprung des Koordinatensystems ab, jede Zerstreuungslinse dagegen vom Ursprung weg

# Beispiel zum Delano-Diagramm



# Untersuchung des Vignettierungsverhaltens



- Abschatt-  
bereiche }   
 1 keine Vignettierung  
 2 Vignettierung bis zum Hauptstrahl  
 3 Vignettierung des Hauptstrahls

○ Strahldurchstoßpunkte von beliebigen Strahlen

# Beispiel 2

## Dimensionierung eines Mikroskoptubus

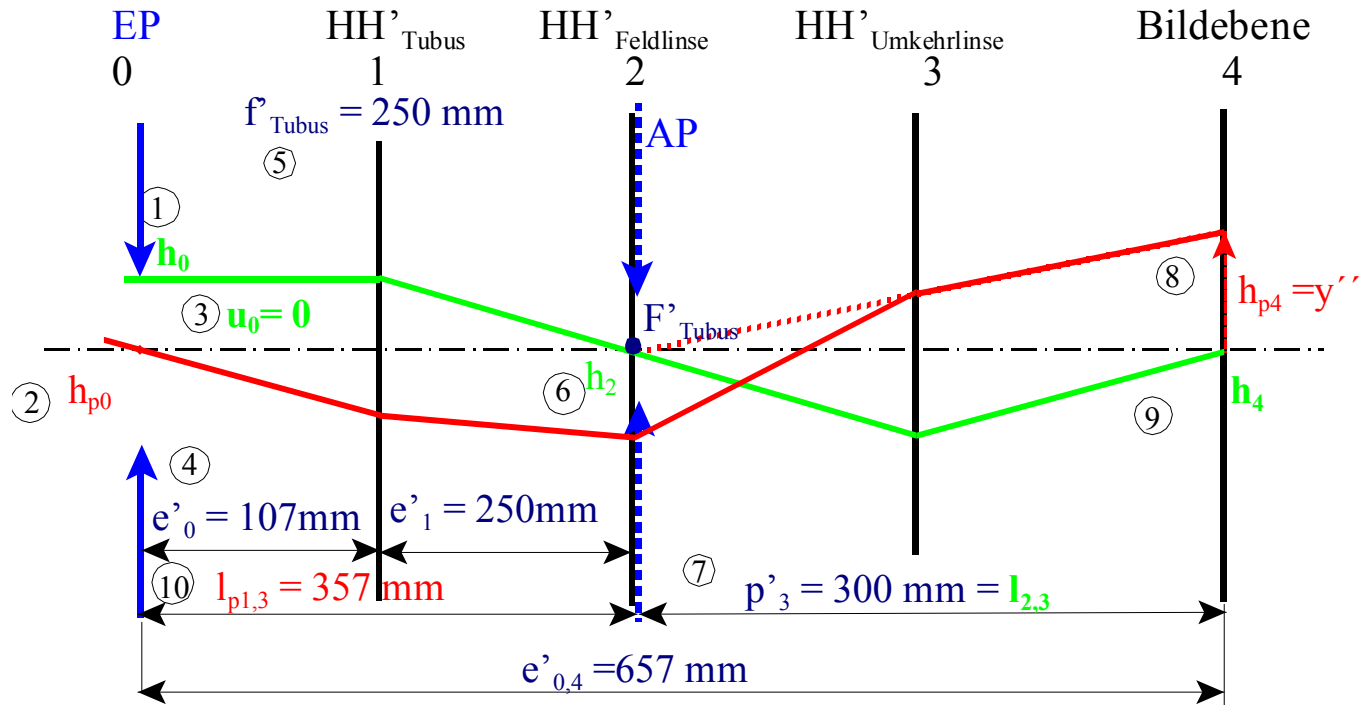
### Aufgabenstellung:

- |   |   |
|---|---|
| 1. Tubusfaktor                                | $q = 1 \times = -f_{\text{ges}} / 250 \text{ mm}$ |
| 2. Eintrittspupillendurchmesser               | $2h_{\text{EP}} = 10 \text{ mm}$                  |
| 3. Lage der Eintrittspupille (EP)             | $a_p = -107 \text{ mm}$                           |
| 4. Übertragungslänge (Abstand EP - y'')       | $e' = 657 \text{ mm}$                             |
| 5. Brennweite der Tubuslinse                  | $f'_{\text{tub}} = 250 \text{ mm}$                |
| 6. Realisierung von 2 reellen Zwischenbildern |   |
| 7. Zwischenbildgröße                          | $y'' = 12,5 \text{ mm}$                           |
| 8. Abstand Austrittspupille(AP) - y''         | $p' = 300 \text{ mm}$                             |



# Ableiten der SVG für den Mikroskoptubus

## Prinzipskizze:



(11)  $f'_{1,3} = -250 \text{ mm}$

$N = n + 2 = 5$

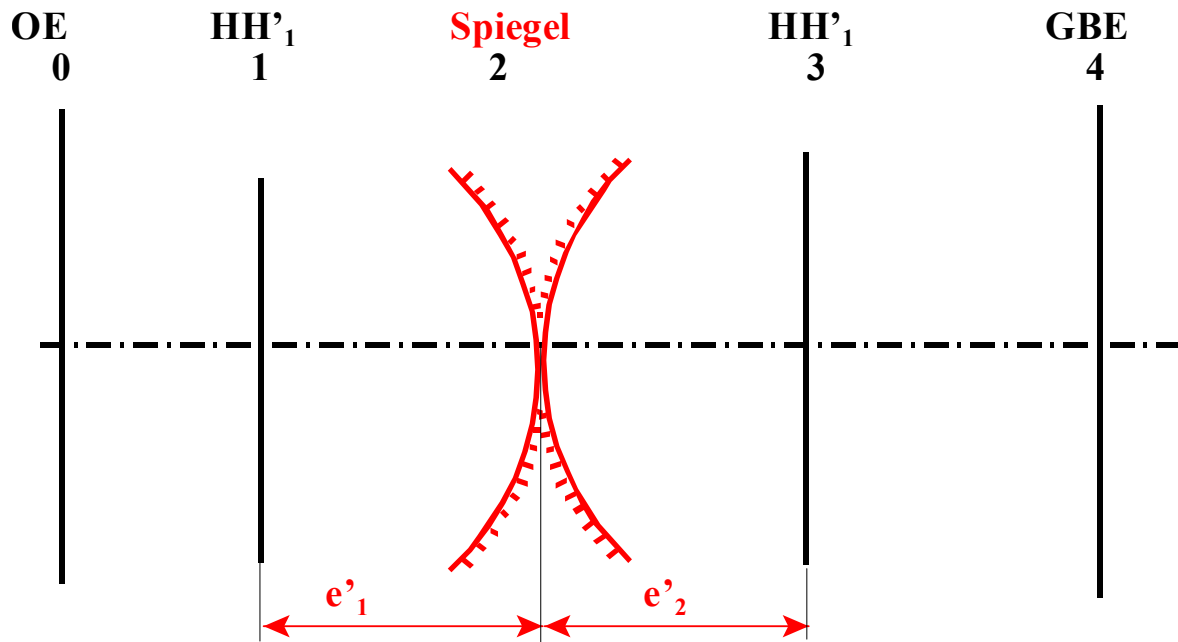


$F_g = 3 + 2(N - 1) = 11$



# Beispiel 3

## Zur Kopplung von Systemgrößen Linse + Spiegel



**Kopplung von Abständen und Brennweiten notwendig !**

1.  $e'_1 = e'_2$
2.  $f'_1 = f'_3$  | d.h. Koppelfaktor = 1

**Fg = 11** → **9 lokale bzw. globale Sbg & 2 Koppelgrößen**



# Beispiel 4

## Zur Verfolgung von Mehrfachlösungen (Definierter Brennpunktstand)

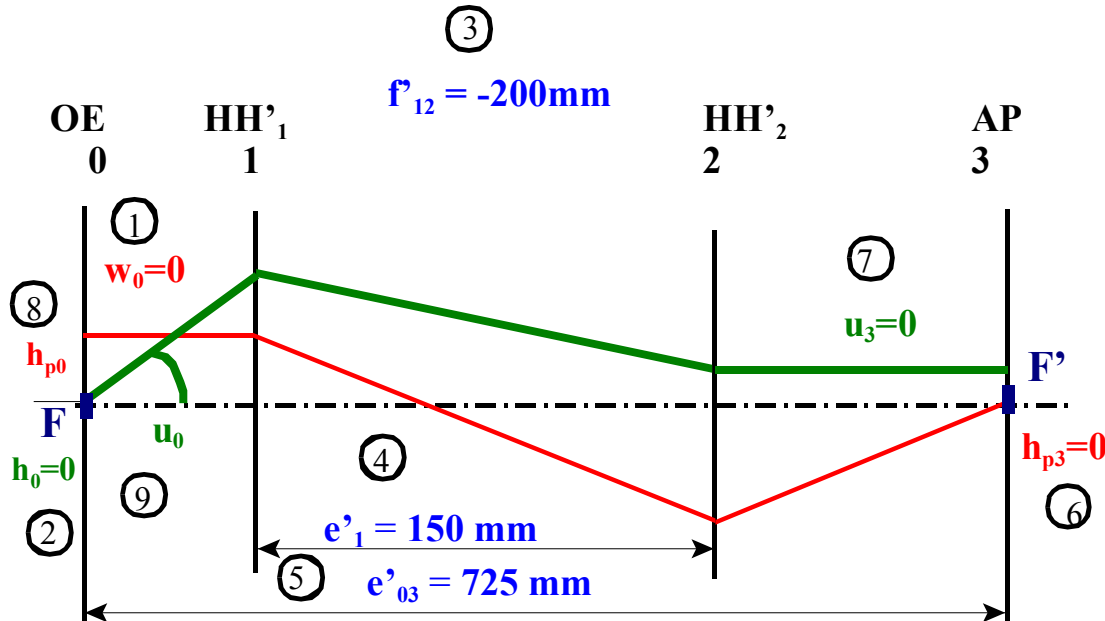
Für eine zweistufige Abbildung wird gefordert:

Abstand  $FF'$  = 725 mm

$f' = -f$  = -200 mm

Abstand  $e'_1$  = 150 mm

**Prinzipskizze :**



Anzahl vorzugebender  
Größen(SVG):



$N = n + 2$

$FG = 3 + 2(N - 1) = 9$



# Beispiel 5

## Kleinbildprojektor

### **Forderungen:**

**Diaformat** : 24 x 36 mm<sup>2</sup>

**Abbildungsmaßstab** :  $\beta' = -10$

**Projektionsobjektiv** : 2,8/50  
( $h_{\text{obj}} = 8,93$  ,  $f'_{\text{obj}} = 50$  mm)

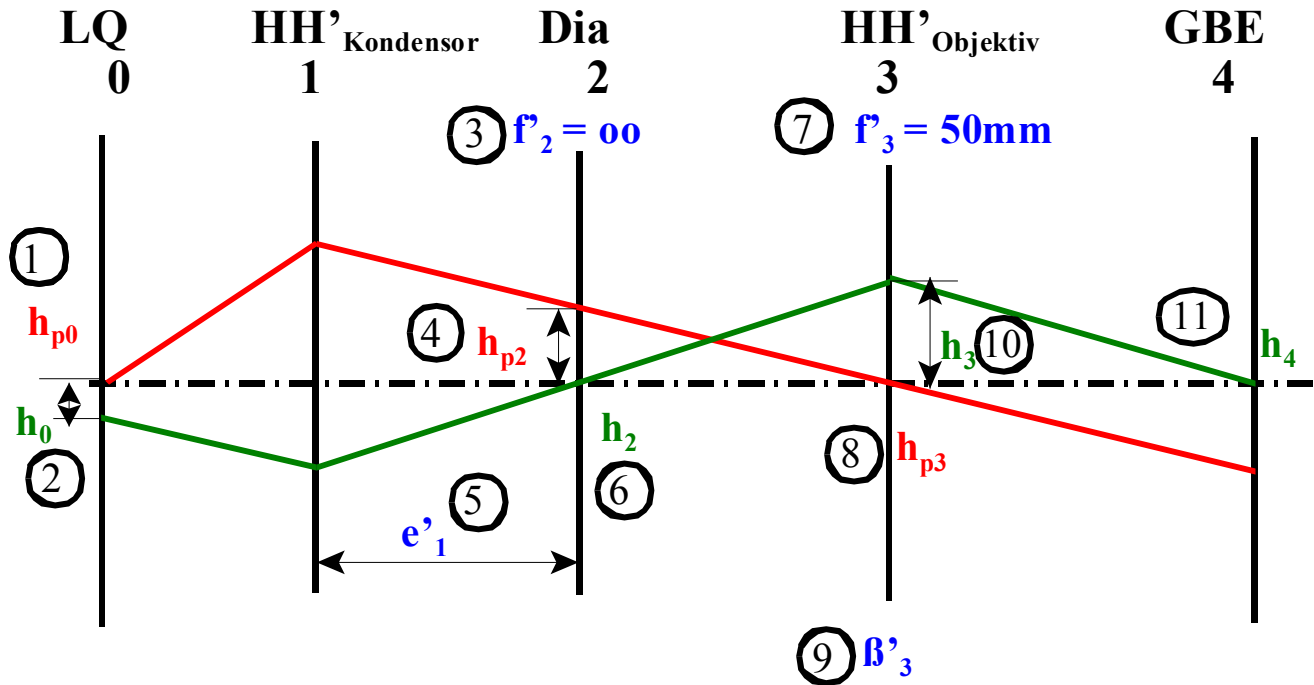
**Abstand zwischen bild-  
seitiger Hauptebene des  
Kondensors und Dia** :  $l = 60$  mm

**Diagonale der Lampen-  
wendel** :  $2y = 5$ mm



# Ableitung der SVG zur Dimensionierung des Kleinbildprojektors

Prinzipskizze :



Anzahl vorgegebener Größen(SVG):



$$N=n+3$$

$$FG=3+2(N-1)=11$$



# Beispiel 6

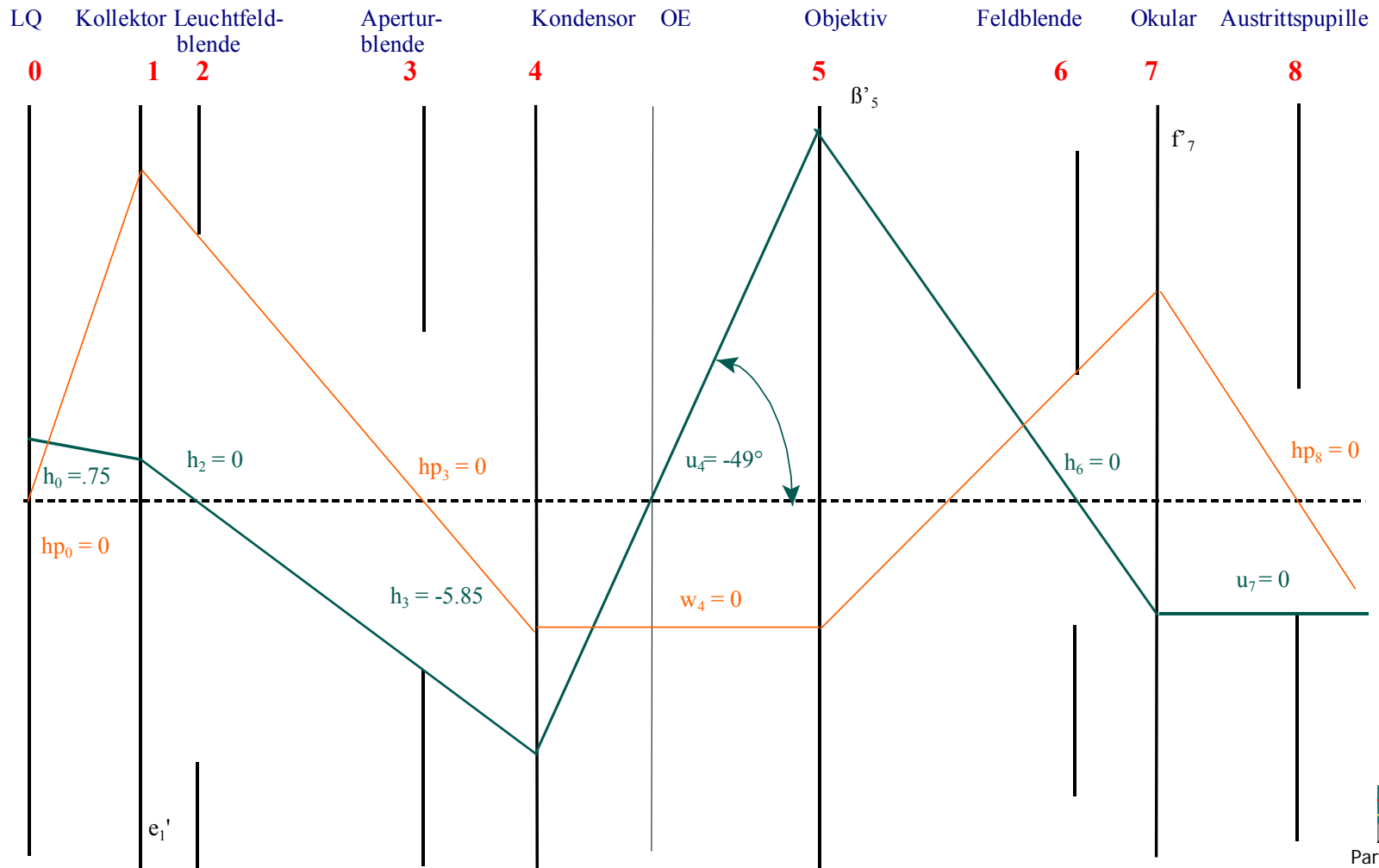
## Köhlersche Beleuchtung + Mikroskop

Konstruktive bzw. funktionelle Forderungen bzw. Vorgaben:

•Objektiv	:	40 / 0,65	
•Okular	:	12,5 x	
	Feldzahl	:	
		$2y_{OK}$	= 12,8 mm
•Lichtquelle	:	$2y_{LQ}$	= 1,5 mm
•Leuchtfeldblende	:	$2y_{LFB}$	= 10 mm
•Aperturblende	:	$2y_{APB}$	= 11,7 mm
•Abbildungsmaßstab für die Abbildung der Aperturblende in die Öffnungsblende des Mikroskops	:	$\beta'_p$	= -0,5
•Abstand der Leuchtfeldblende vom Kollektor	:	$l_{LFB}$	= 5 mm



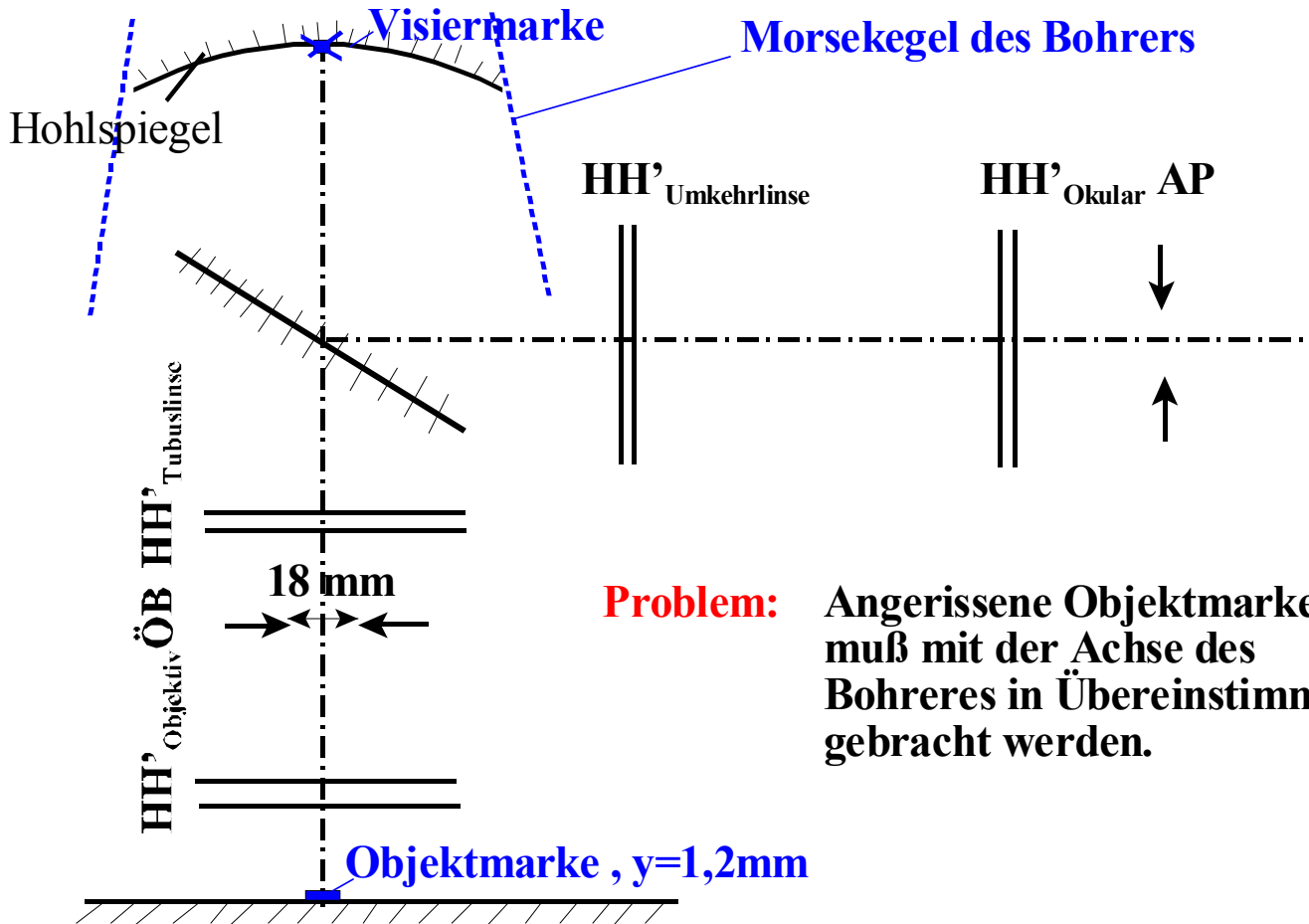
# Ableitung der SVG zur Dimensionierung eines Mikroskops + Köhlersche Beleuchtung



# Beispiel 8

## Zur Dimensionierung eines Zentriermikroskopes

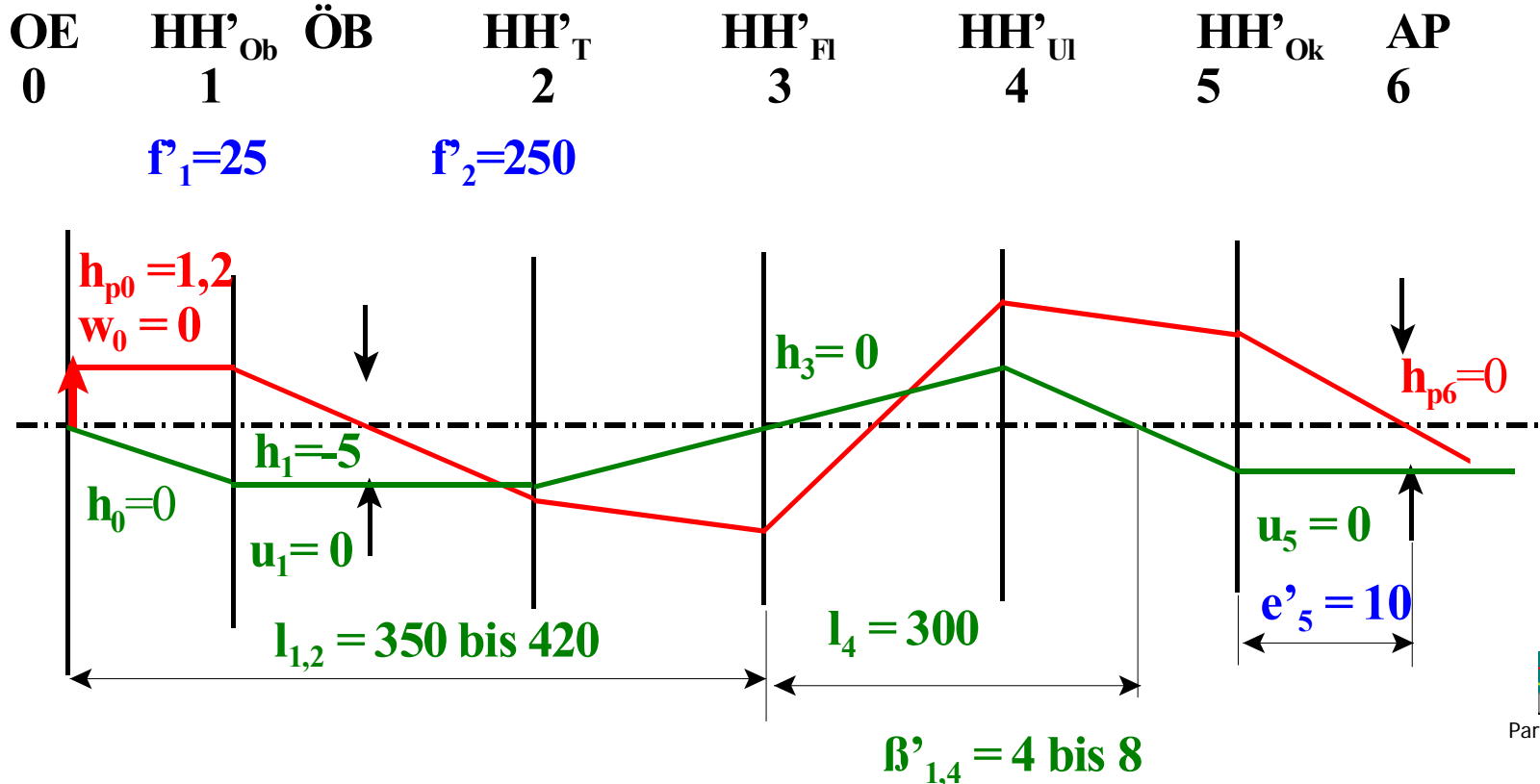
### Prinzipkizze:



**Problem:** Angerissene Objektmarke muß mit der Achse des Bohreres in Übereinstimmung gebracht werden.



# Ableitung der SVG zur Dimensionierung des Zentriermikroskops



Parax\_05.Ink

$f_{1,5} = 6,25 \text{ bis } 10$  ,  
d.h. Gesamtvergrößerung 40x bis 25x



$N=n+2$   
 $FG=3+2(N-1)=15$

# Sucher einer Kompaktkamera

**Gegeben:**           Objektiv 2,8/50  
                          Kleinbildformat: 24x36mm

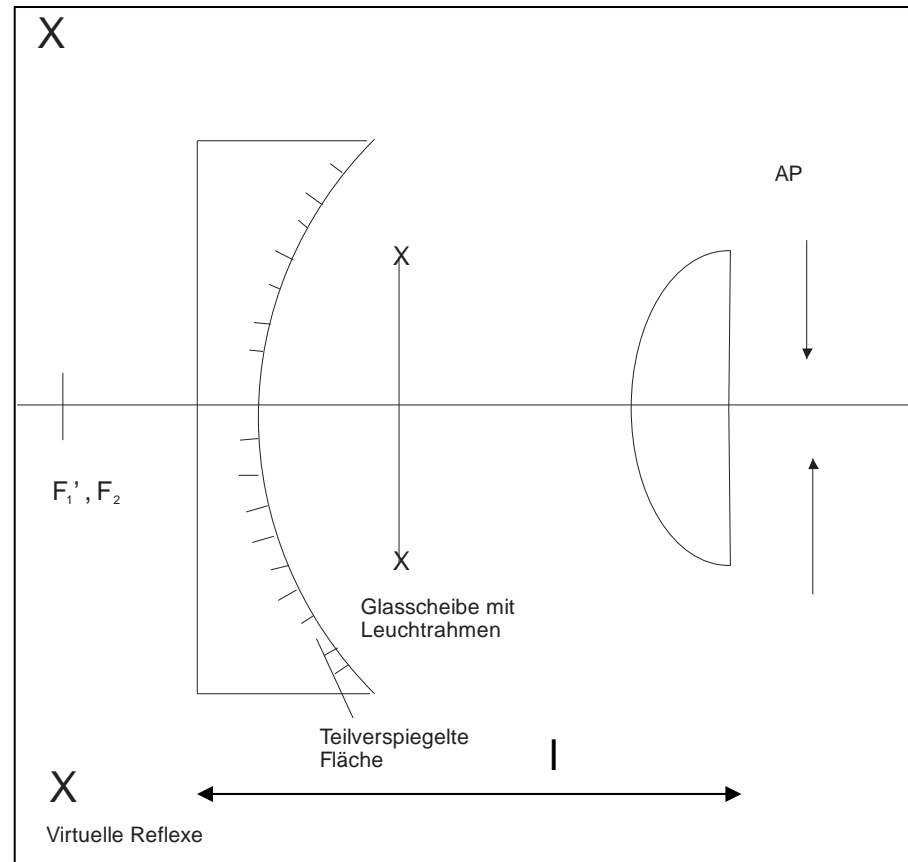
## Konstruktive und funktionelle Forderungen:

- Gesamtlänge des Suchers:  $l \leq 40 \text{ mm}$
- Vergrößerung des Suchers:  $0,55 \leq \Gamma' \leq 0,85$
- Abstand der AP:  $5 \text{ mm} \leq a_p' \leq 10 \text{ mm}$
- Anpassen des Gesichtsfeldes des Suchers an den Bildfeldwinkel der Kamera!
- Sucherfrontlinse rechteckig, Außenflächen der Linsen plan!

## Aufgaben:

- Dimensionierung der Paraxialstruktur!
- Berechnung möglicher Ausführungsformen der Linsen (Radien) für Linsen z.B. aus BK7 ( $n_e = 1,523$ ).
- Wie kann die geforderte scharfe Bildfeldbegrenzung realisiert werden?

# Prinzip zur möglichen Bildfeldbegrenzung

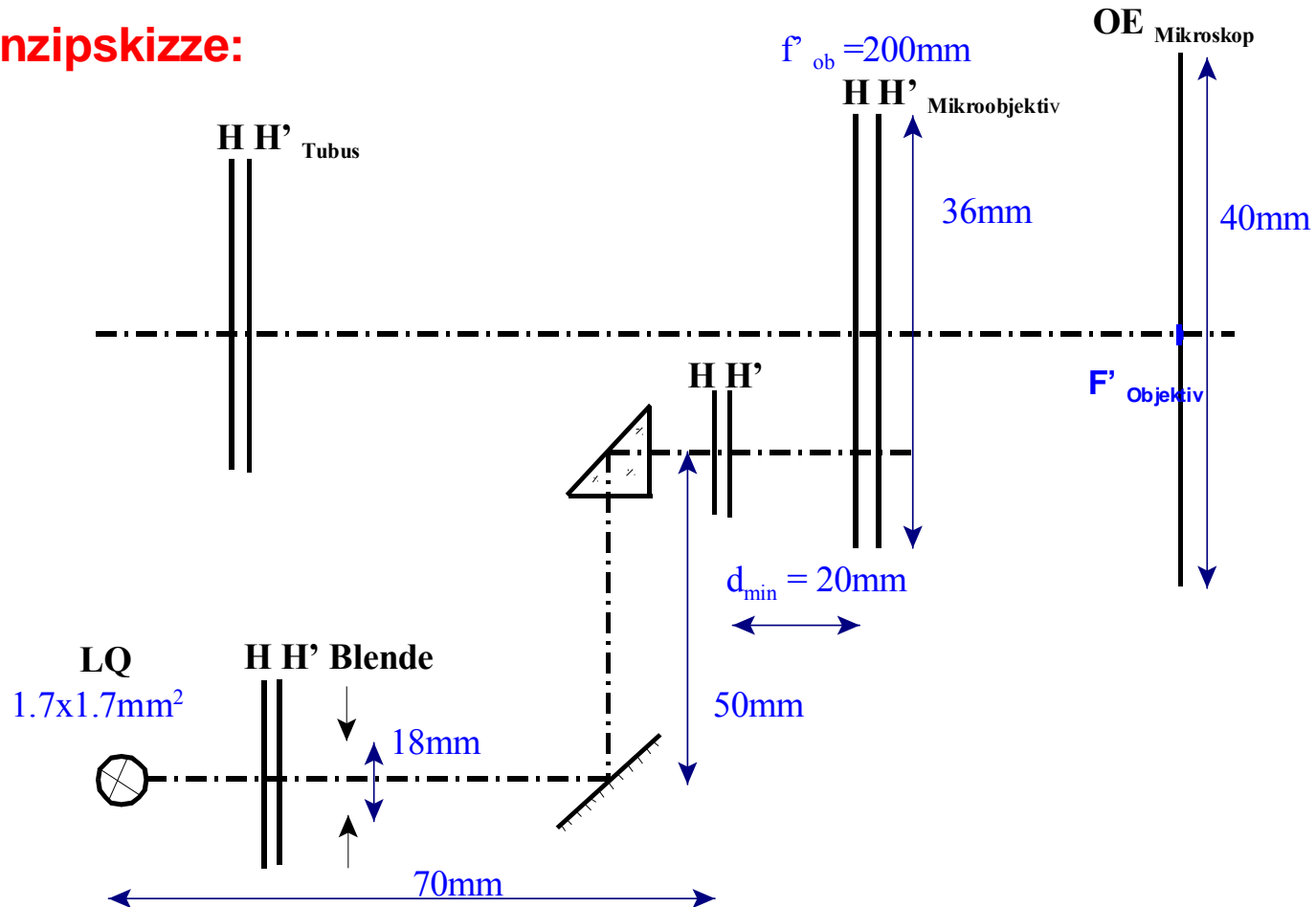


- Einbringen einer Glasscheibe mit Leuchtrahmen
- Einspiegelung des Leuchtrahmens als virtuelles Bild
- Realisierung mit Hilfe einer teildurchlässig verspiegelten Fläche

# Hausaufgabe: Beispiel 7

## Beleuchtungseinrichtung für ein Operationsmikroskop

### Prinzipskizze:



# Zur Aufgabenstellung

Bei zusammengesetzten Mikroskopen mit stärkeren Vergrößerungen sind im Allgemeinen besondere Beleuchtungssysteme mit optimaler Kopplung an den Abbildungsstrahlengang notwendig.

Bei Operationsmikroskopen muss die Beleuchtung von oben, meist durch das Objektiv hindurch, zugeführt werden. Durch die Objektstrukturen mit unterschiedlicher Reflexion wird der Lichtstrom moduliert. Eine fehlerfrei diffus oder regulär reflektierende Fläche ergibt ein gleichmäßig helles Sehfeld (Auflicht-Hellfeld-Beleuchtung).

## **Konstruktive und funktionellen Forderungen :**

Maximal auszuleuchtendes Objektfeld:

$$2y_{\max} = 40\text{mm}$$

Größe des beleuchteten Feldes einstellbar auf das abzubildende Objektdetail !

Abmaße der Lichtquelle (LQ):

$$(1.7 \times 1.7)\text{mm}^2$$

Die Lichtquelle sollte möglichst in die Objektivebene abgebildet werden!

Vorgaben zum Mikroskopobjektiv:

$$f_{\text{ob}}^* = 200\text{mm}$$

$2\rho = 36\text{mm}$  (abschattfreier Durchmesser)

Minimale Distanz: Beleuchtungssystem – Objektiv:

$$d_{\min} = 20\text{mm}.$$

# Und wie könnte ein Head-up Display aufgebaut werden??

- Welche funktionellen und konstruktiven Forderungen lassen sich ableiten?
- Was muss bei der Dimensionierung eines Spiegelsystems beachtet werden?
- Ist ein paraxialer Ansatz überhaupt sinnvoll bei einem Schiefspiegelsystem?