

# Technische Optik 1

## 5.Vorlesung

Dr.-Ing. B. Mitschunas

Fachgebiet Technische Optik

Haus M/ Zi 104

E-mail: [beate.mitschunas@tu-ilmenau.de](mailto:beate.mitschunas@tu-ilmenau.de)

# Technische Optik I

1. Grundlagen der geometrischen Optik ✓
2. (Ideale)geometrisch-optische Abbildung
  - 2.0 Definition und Modelle der optischen Abbildung ✓
  - 2.1 Paraxiale Abbildung ✓
  - 2.2 Kollineare Abbildung ✓
  - 2.3 Strahlenbegrenzung durch Blenden
    - 2.3.1 Allgemein: Blenden im optische System
    - 2.3.2 Öffnungsblende und Pupillen
    - 2.3.3 Feldblende und Luken
    - 2.3.4 Verkettete Abbildungen
3. Grundlagen der optischen Instrumente



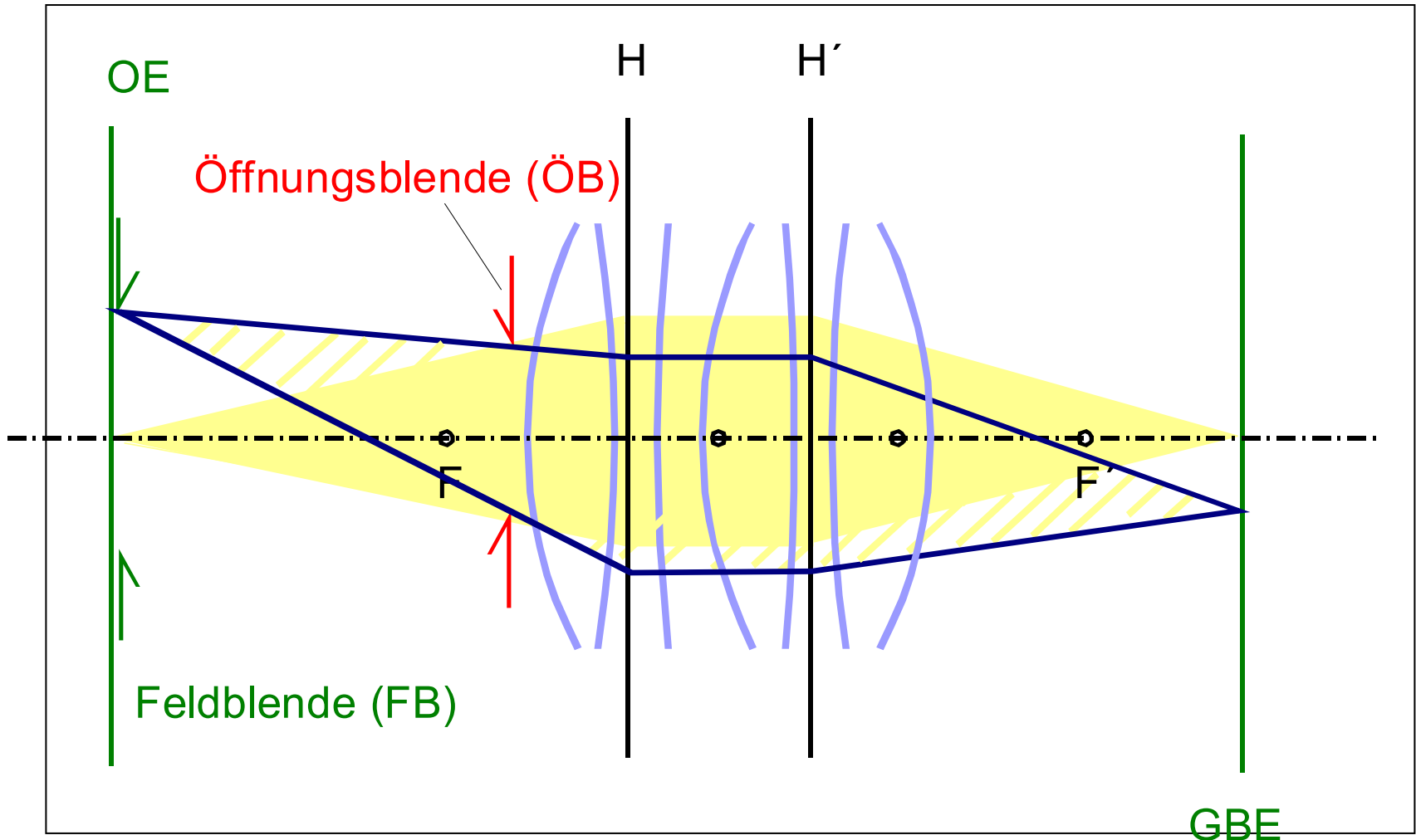
## 2.3.1 Allgemein: Blenden im optische System

Was versteht man unter Blenden  
im optischen System ?

**Definition 1:** Alle Öffnungen im Strahlenraum eines optischen Systems, die an der Bündelbegrenzung beteiligt sind, heißen Blenden.

# Blenden

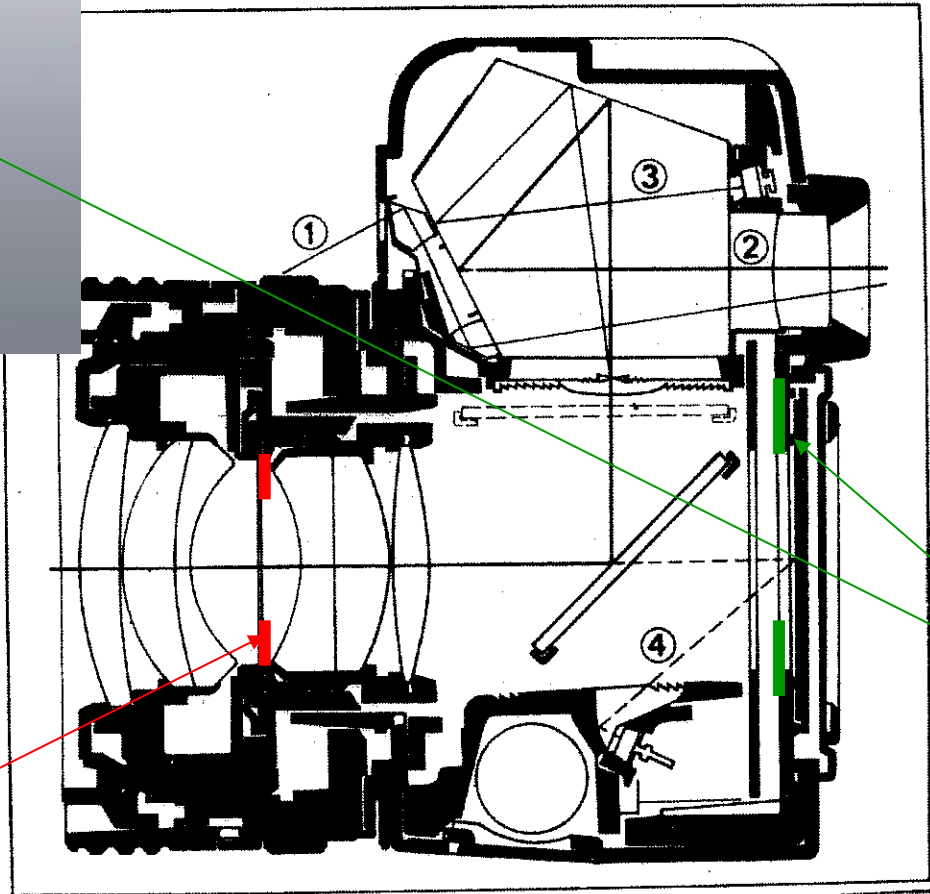
## Beispiele und Definitionen



# Öffnungs- und Feldbegrenzung bei der Spiegelreflexkamera



digital

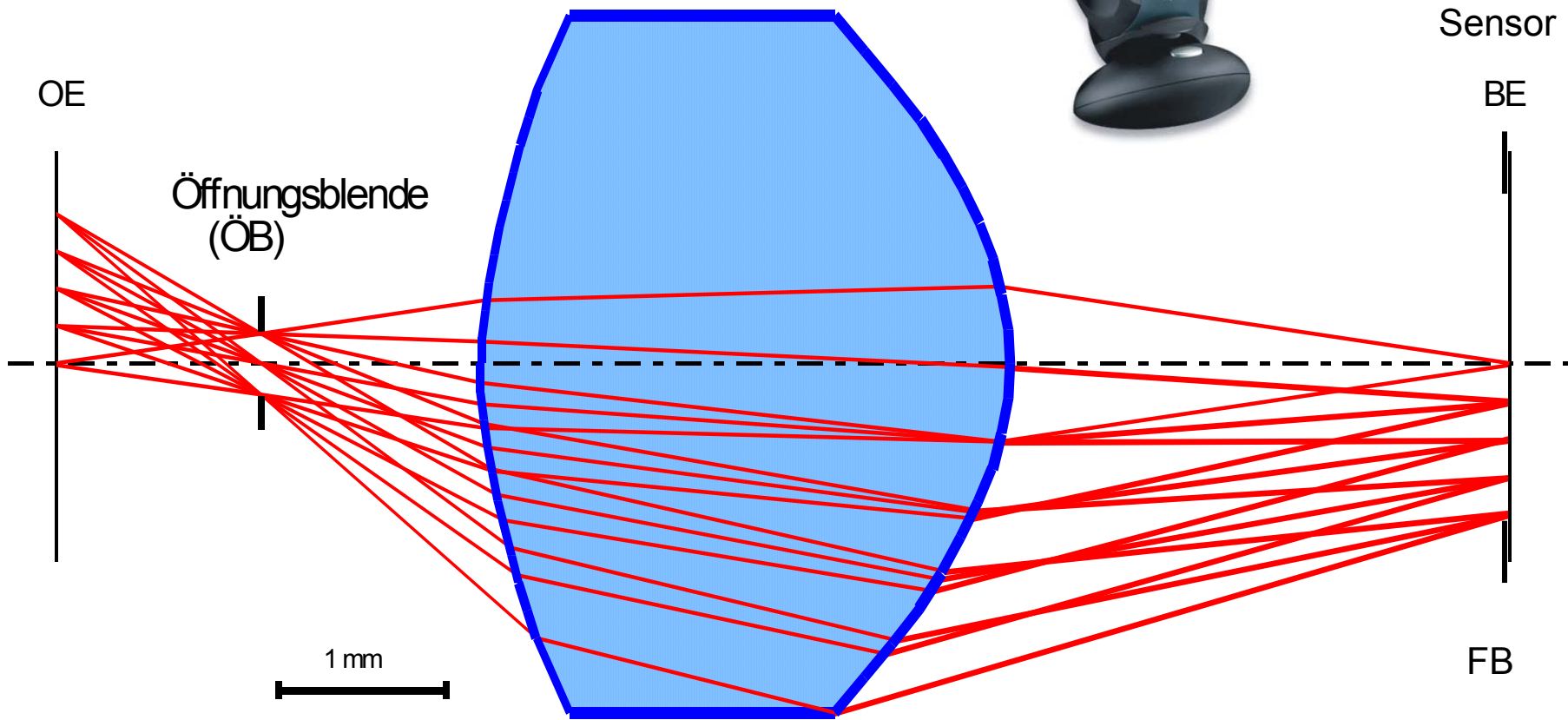


Öffnungsblende

analog

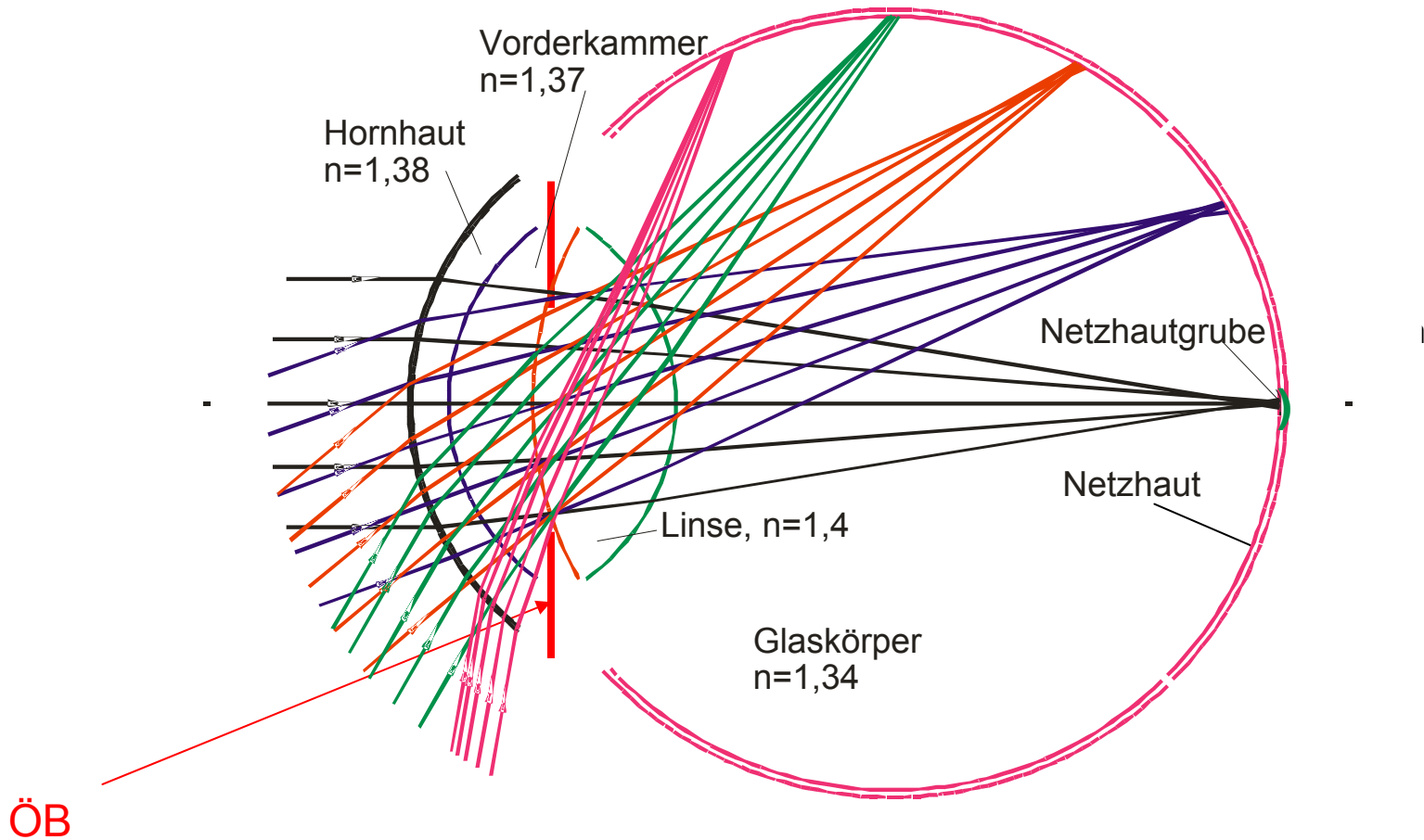
Feldblende

# Abbildungsstrahlengang bei der optischen Maus



# Strahlbegrenzung am menschlichen Auge

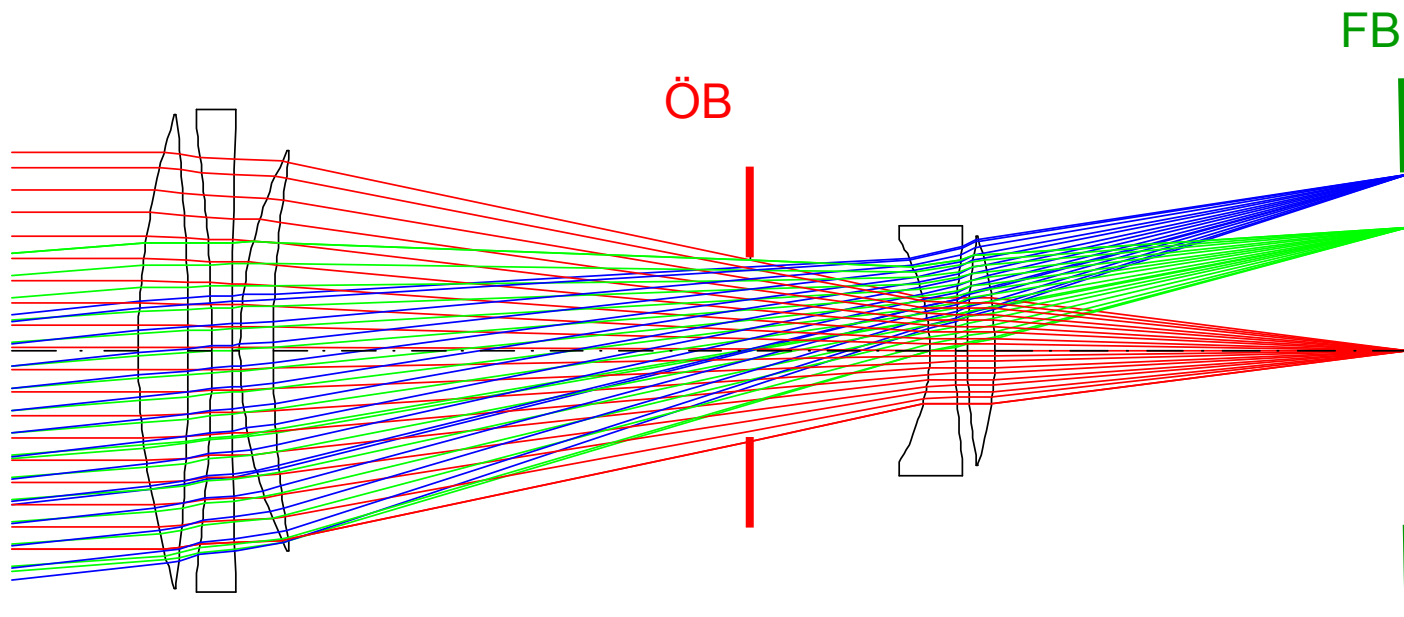
Abbildung am menschlichen Auge



# Was sind Abschattblenden??

**Definition 2:** Blenden, die weder ÖB noch FB sind, aber trotzdem bei der Abbildung außeraxialer Punkte an der Bündelbegrenzung beteiligt sind, heißen Abschattblenden.

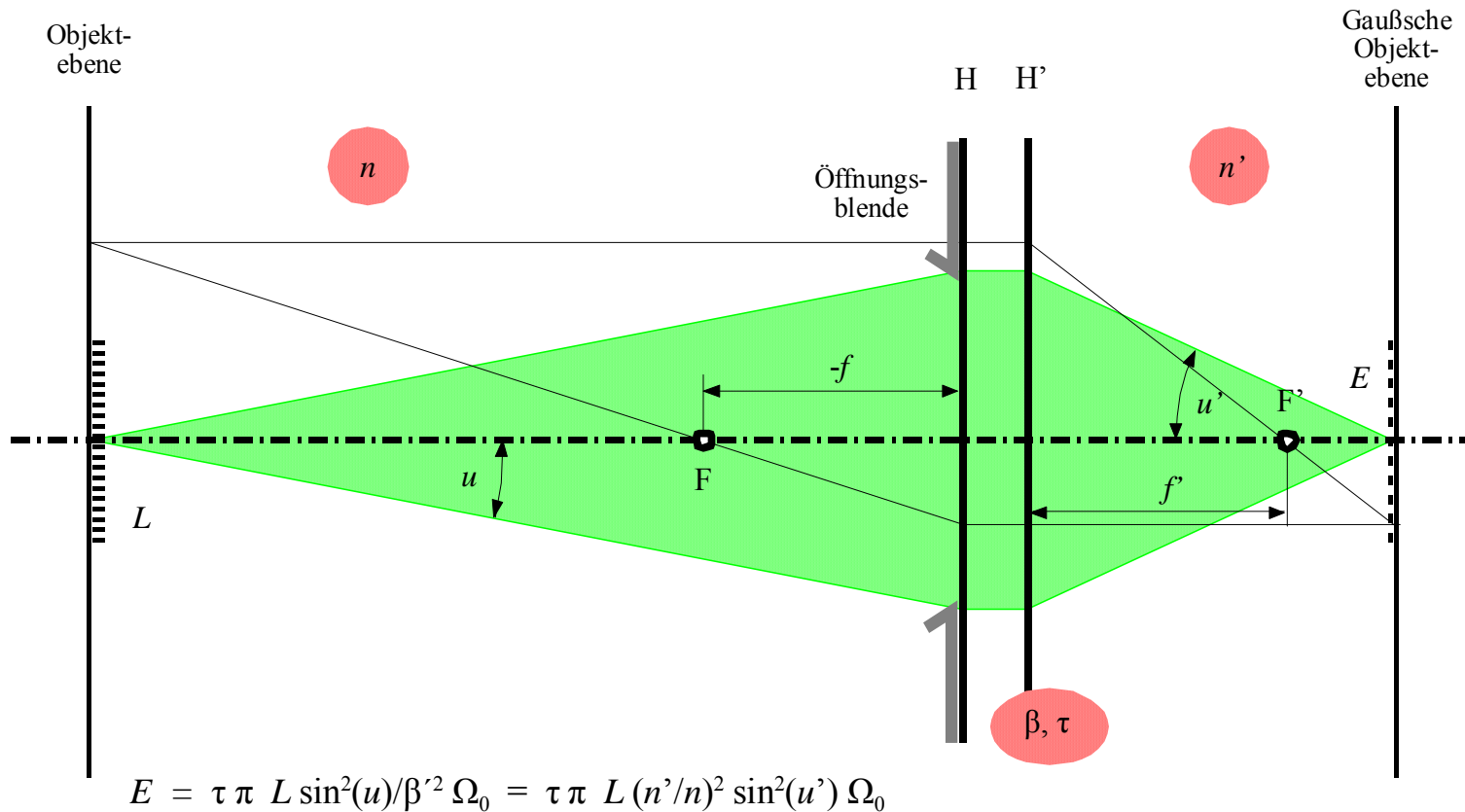
# Teleobjektiv



## 2.3.2 Öffnungsblende und Pupillen

Bedeutung von Lage und Größe der  
Öffnungsblende für die  
optische Abbildung

# Einfluss der Größe der Öffnung auf die Beleuchtungsstärke



$$E = \tau \pi L (f'/f)^2 \sin^2(u') \Omega_0$$

# Einfluss der Öffnungsblende auf die Tiefenschärfe



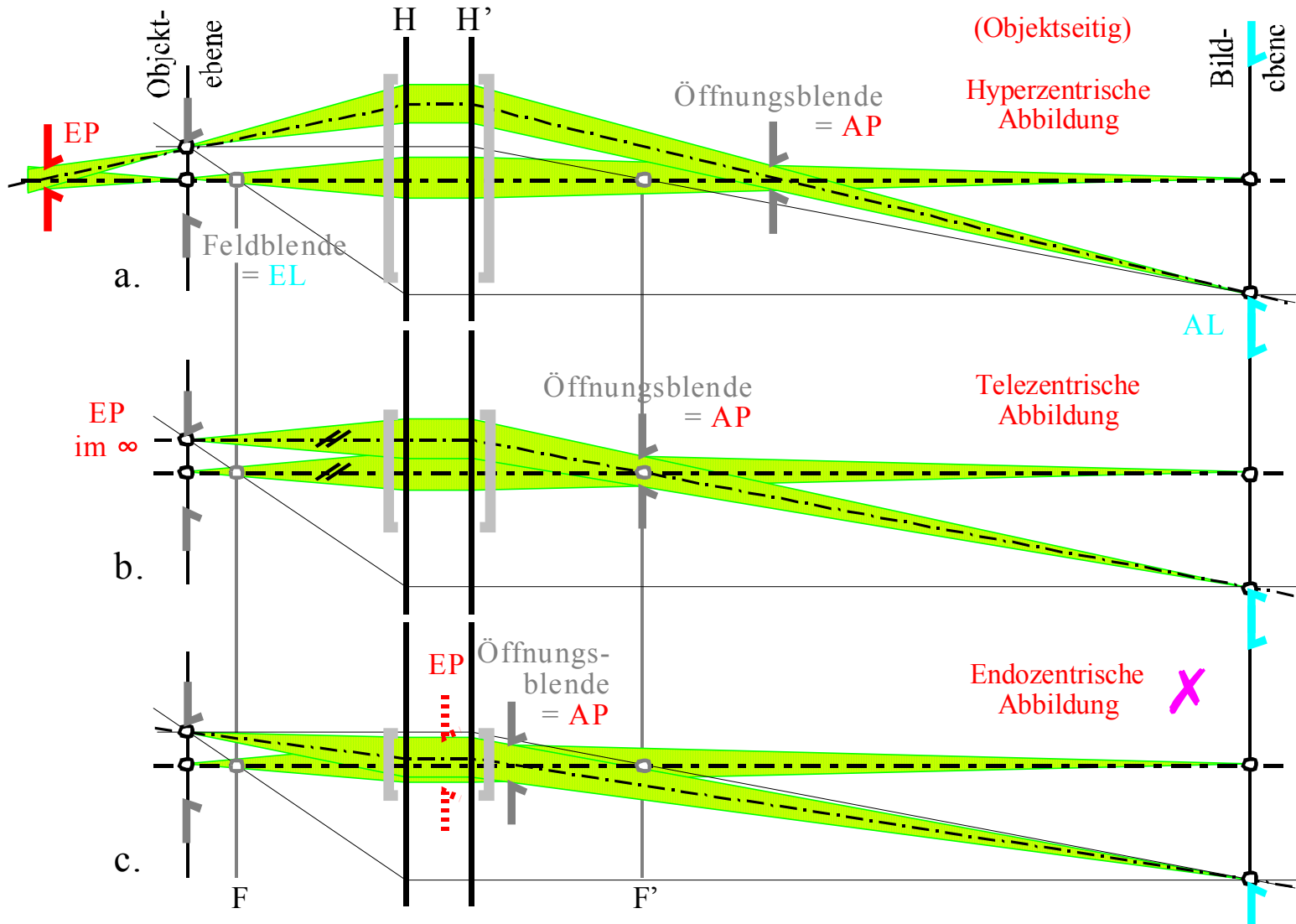
Aufnahme mit "Offenblende" (2,8)

# Große Schärfentiefe bei kleiner Öffnung

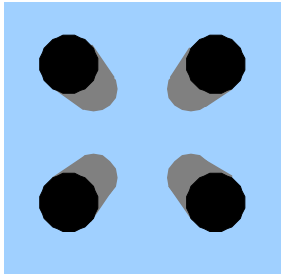


Aufnahme "extrem abgeblendet" (32)

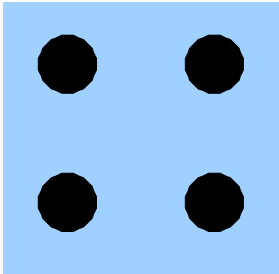
# Zur Perspektive



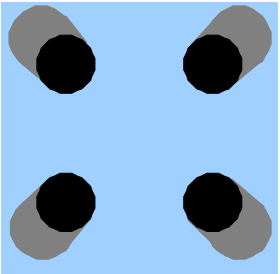
# Einfluss der Lage der Eintrittspupille auf die Perspektive



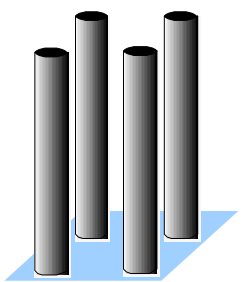
**Endozentrische  
Abbildung**



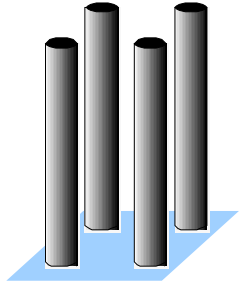
**Telezentrische  
Abbildung**



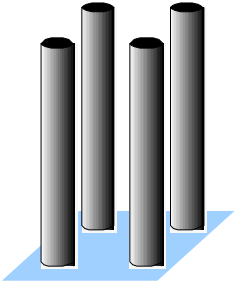
**Hyperzentrische  
Abbildung**



EP in Lichtrichtung hinter  
der OE

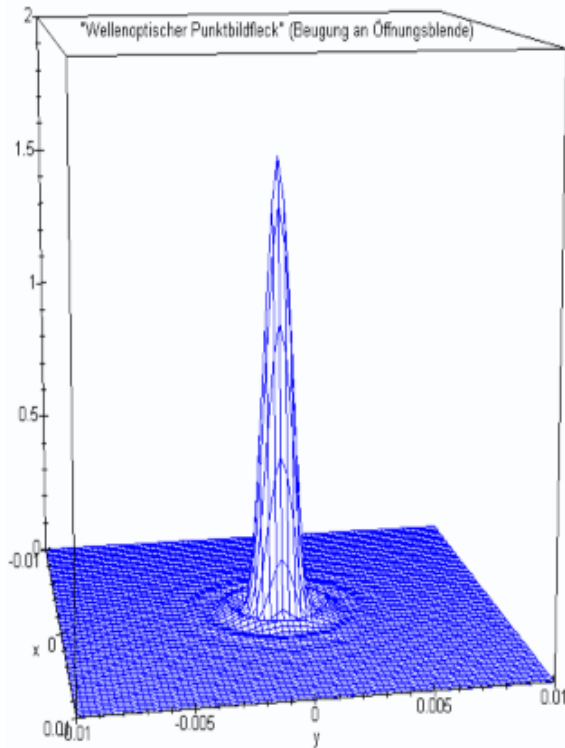


EP im  $\infty$

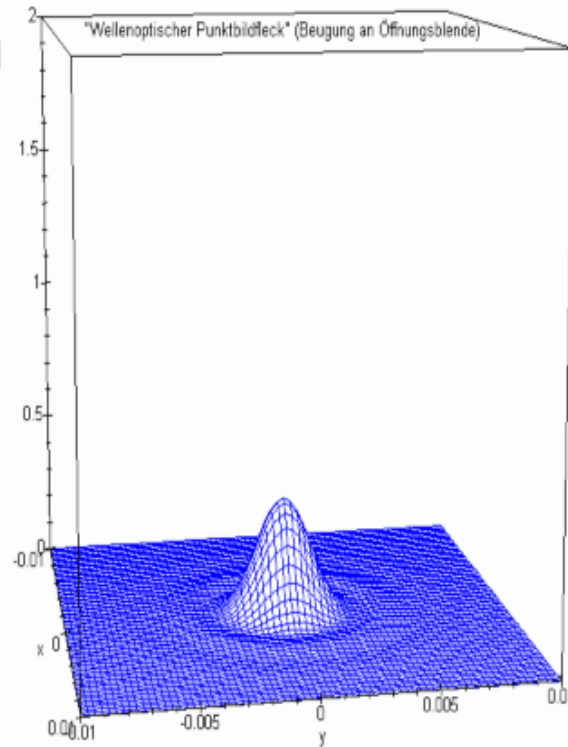


EP in Lichtrichtung vor der  
OE

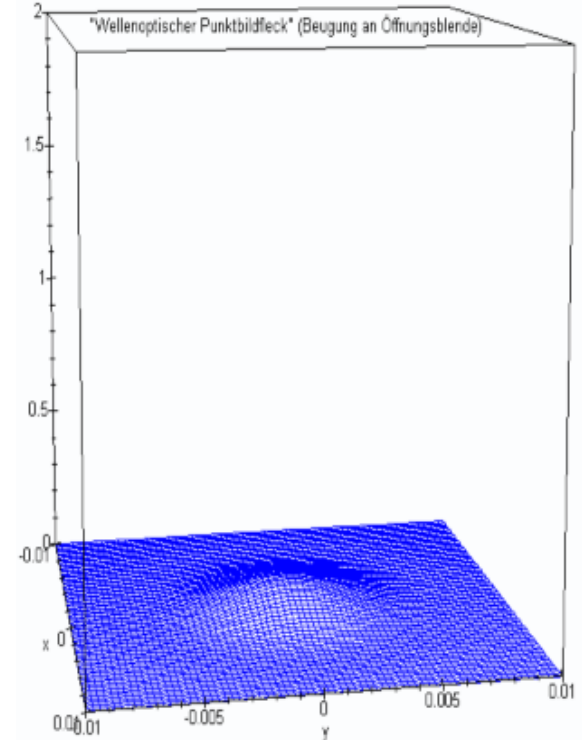
# Zur Beugung an der Öffnungsblende



$NA' = 0,2$



$NA' = 0,1$



$NA' = 0,05$

Abhängigkeit des „wellenoptischen Punktbildflecks“ in Höhe und Breite von der Öffnung

# Zur Definition der Öffnungsblende

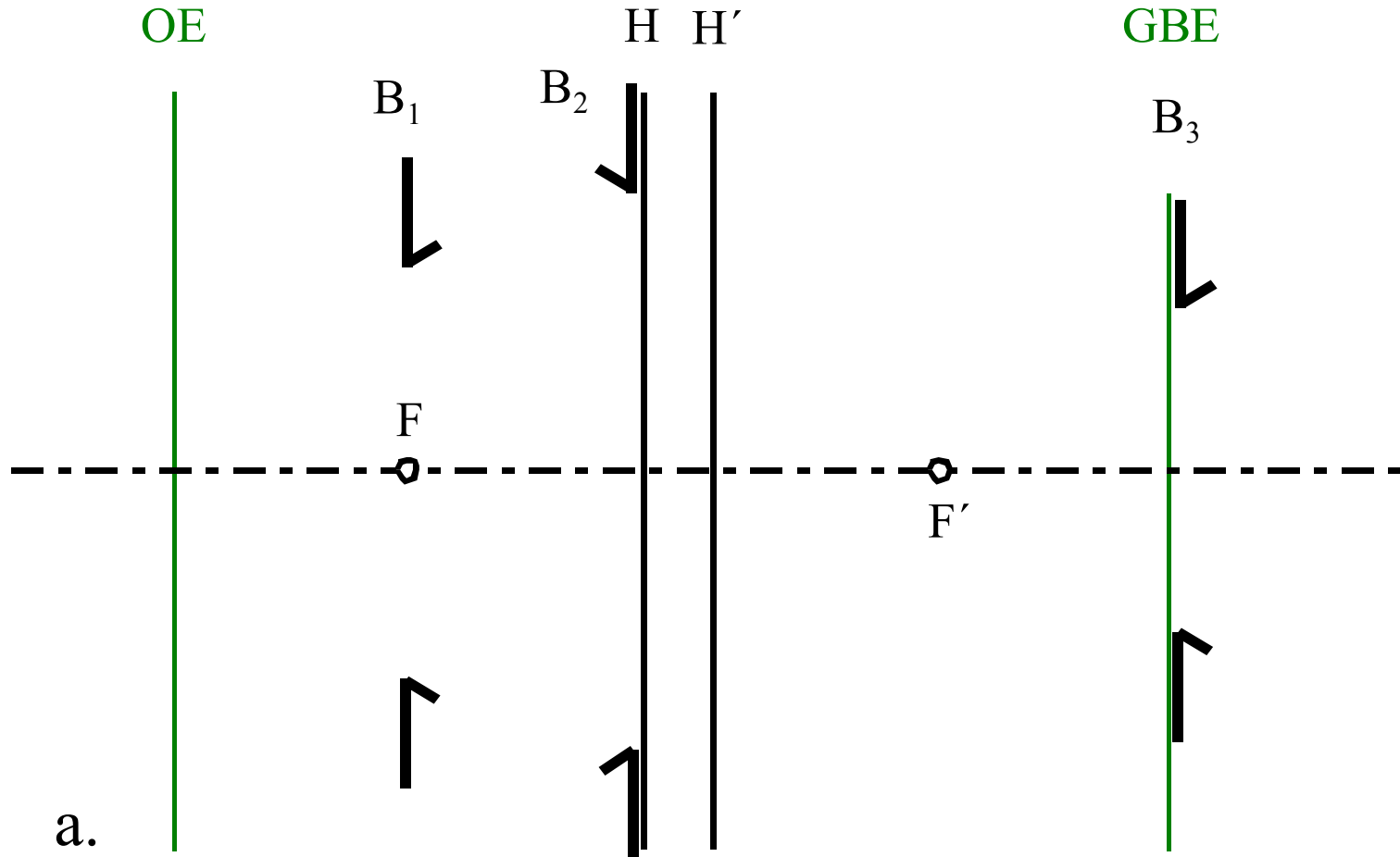
Welche der im optischen System existierenden Blenden wirkt als Öffnungsblende??

**Definition 3:** Die ÖB definiert die Öffnung des Lichtbündels für die Abbildung des Achsobjektpunktes.

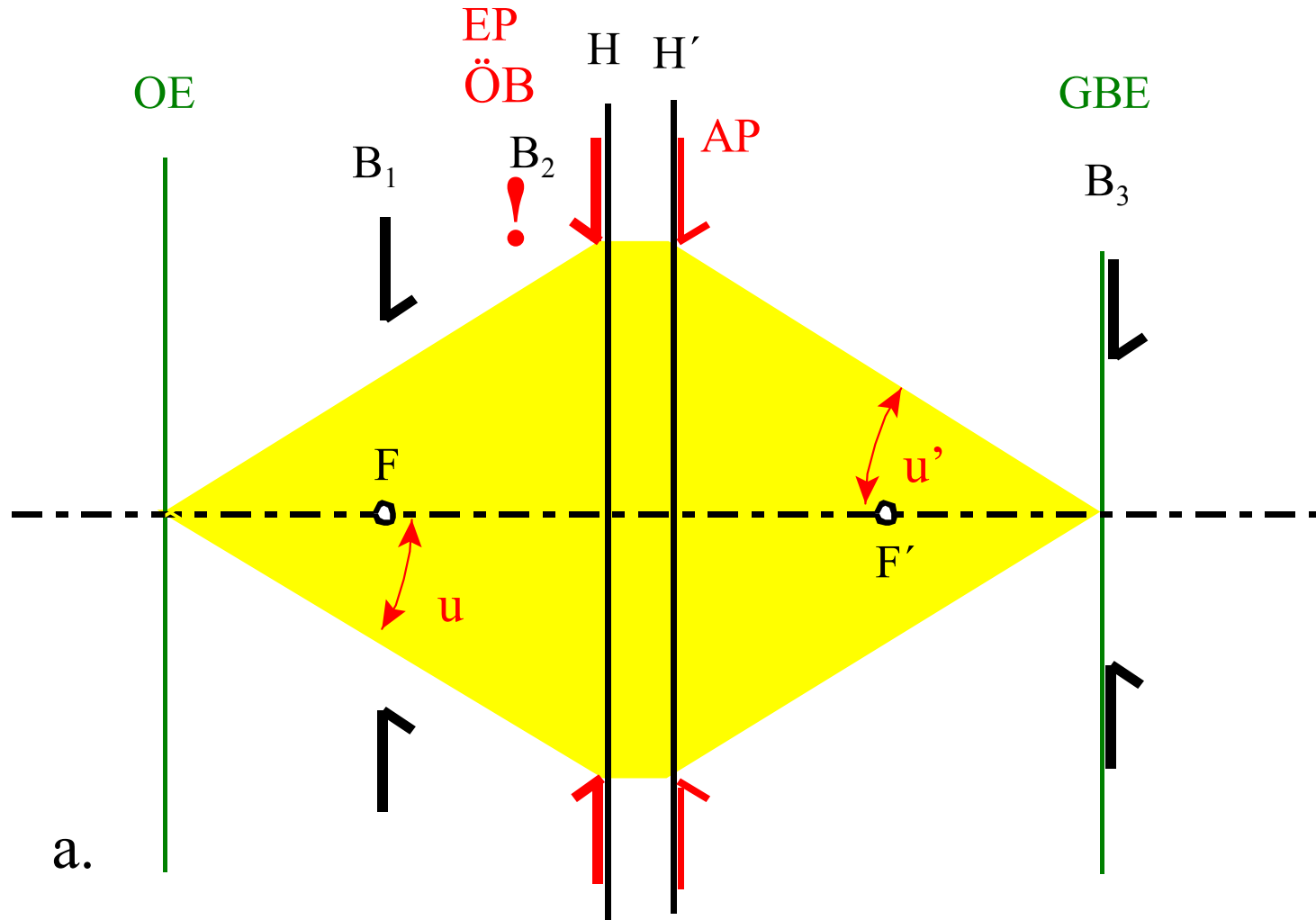
Fall 1: OE im Endlichen

Fall 2: OE im Unendlichen

# Objektebene im Endlichen

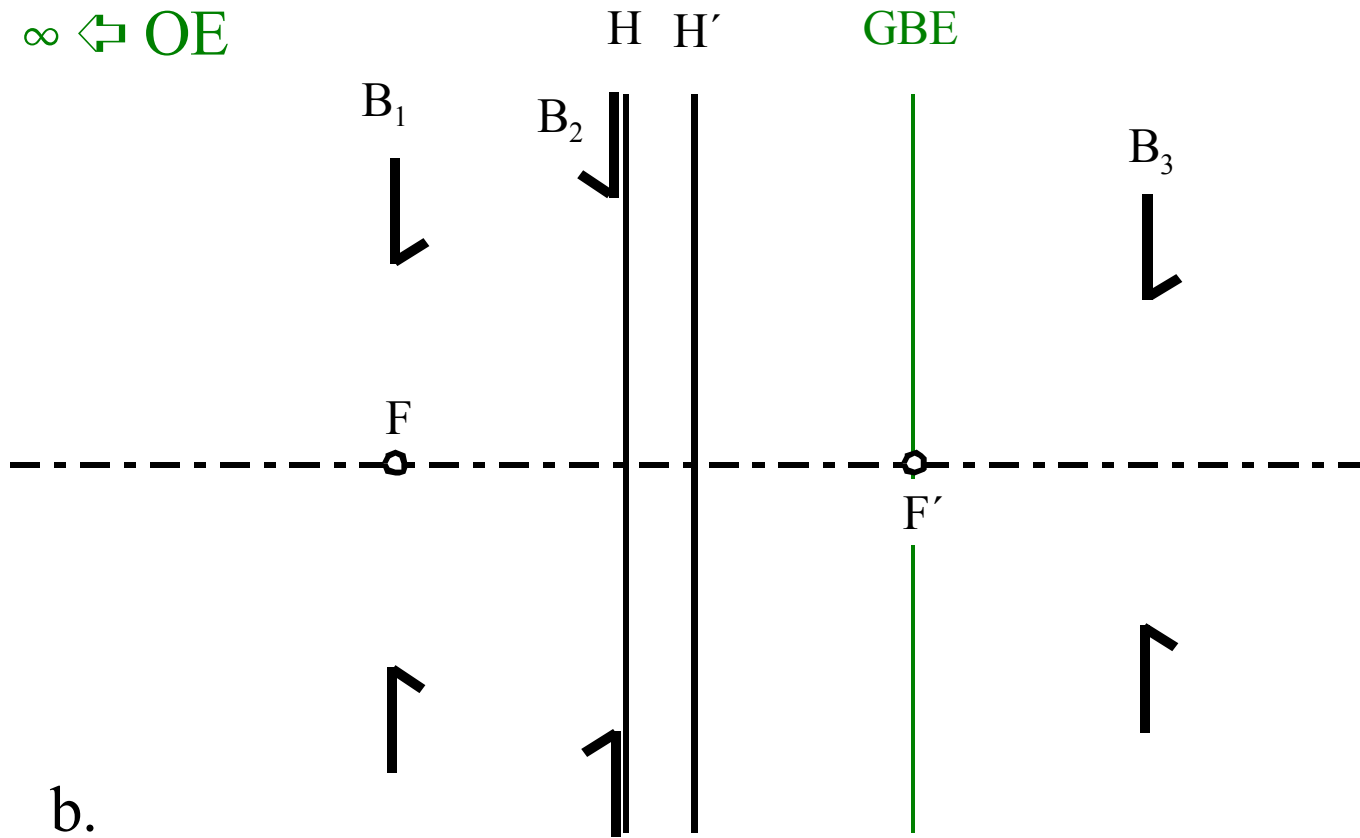


# Zur Definition der Öffnungsblende



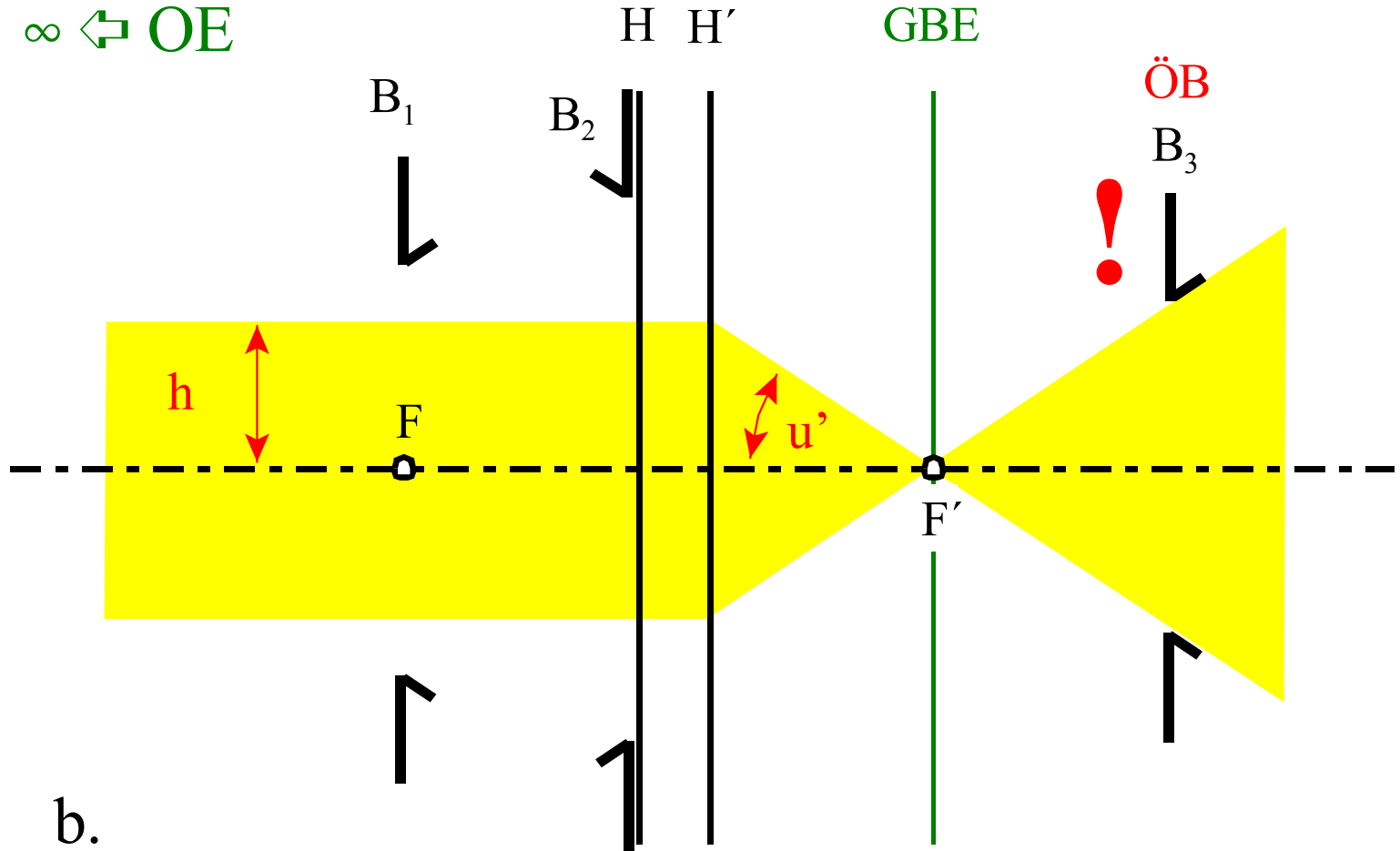
**Bilder der Öffnungsblende:** Eintrittspupille (EP) = objektseitiges Bild  
Austrittspupille (AP) = bildseitiges Bild

# Verschiebung der Objektebene nach Unendlich



# Gleiches System mit anderer Objektlage

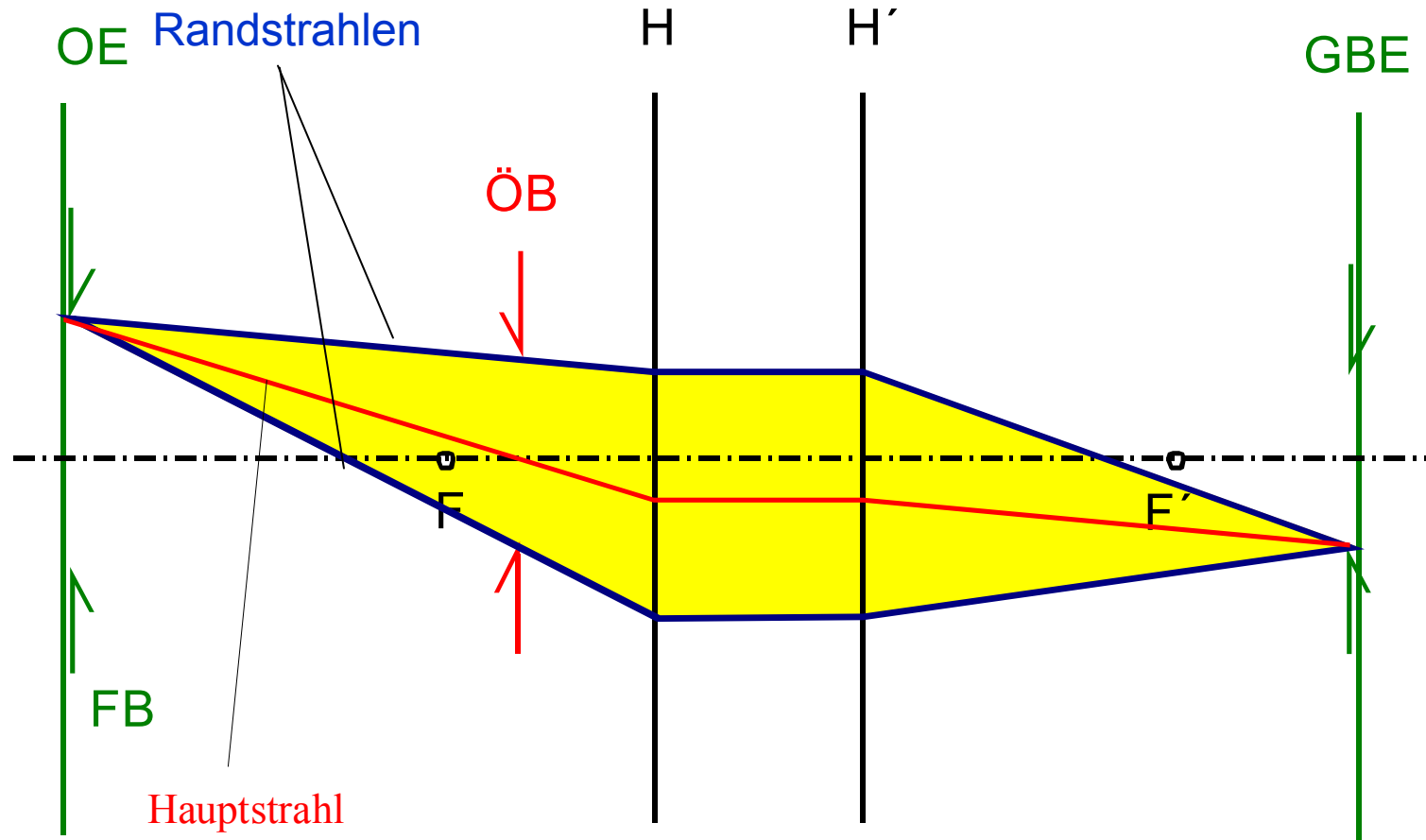
$\infty \leftrightarrow OE$



# Wie kann die Öffnung analytisch und numerisch beschrieben werden??

	A) Objektseitig	B) Bildseitig
<b>Fall1:</b>	OE im Endlichen	GBE im Endlichen
Numerische Apertur:	$NA = n \sin u$	$NA' = n' \sin u'$
<b>Fall2:</b>	OE im Unendlichen	GBE im Unendlichen
Blendenzahl:	$k = \frac{f'}{2h_{EP}}$	
Durchmesser der Eintrittspupille: $2h_{EP}$		...der Austrittspupille: $2h_{AP}$

# 3. Feldblende und Luken



## Definition 4:

Die Feldblende (FB) definiert die Feldgröße bei der Abbildung einer ausgedehnten Objektebene auf der Grundlage des Hauptstrahls.

# Kenngrößen zur Beschreibung des Feldes

## A) objektseitig

## B) bildseitig

---

**Fall 1:** EP im Endlichen  
2w objektseitiger Feldwinkel  
2y objektseitige Feldzahl ( $OE \neq \infty$ )

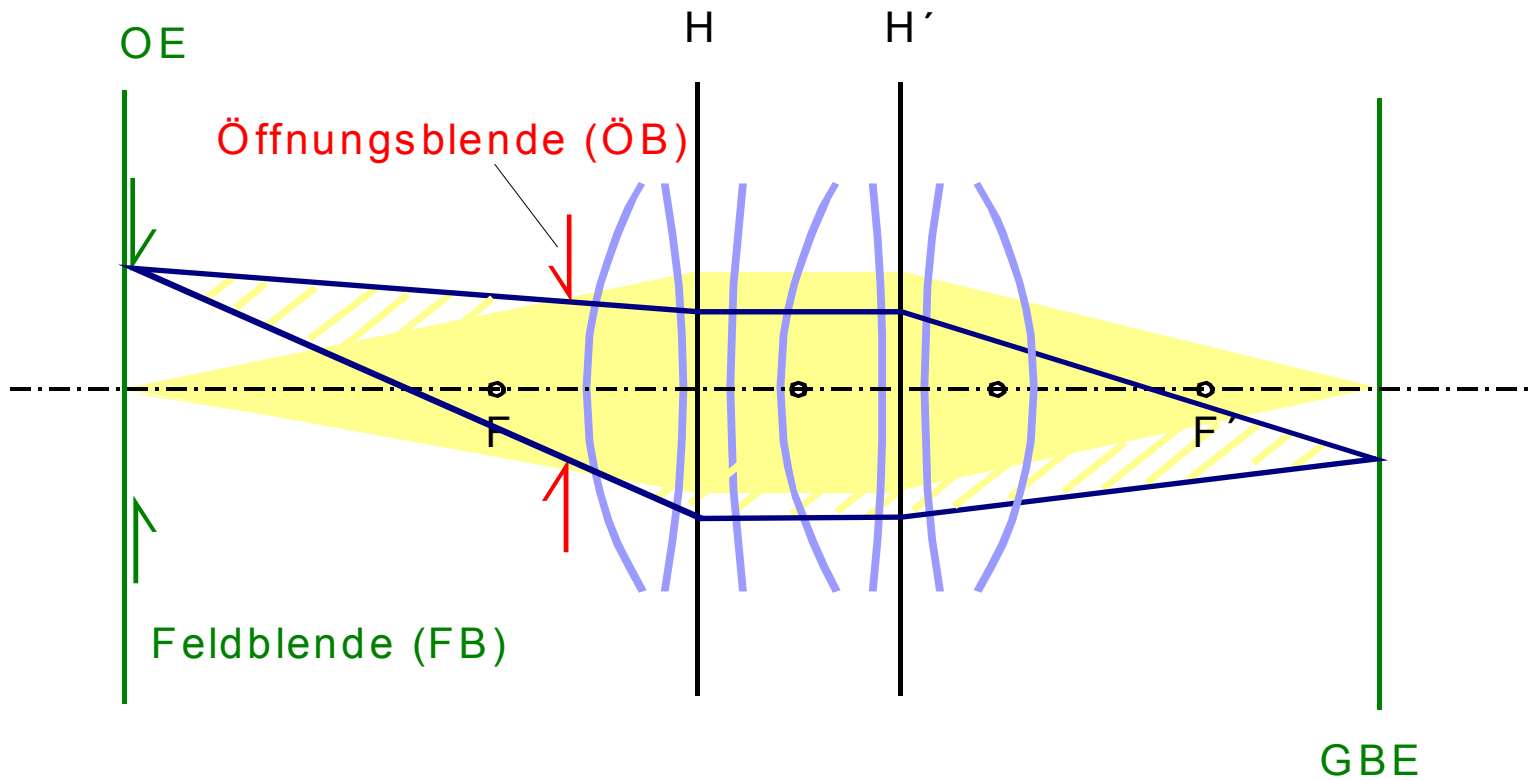
AP im Unendlichen  
2y' bildseitige Feldzahl

---

**Fall 2:** EP im Unendlichen  
2y objektseitige Feldzahl

AP im Endlichen  
2w' bildseitiger Feldwinkel  
2y' bildseitige Feldzahl ( $OE \neq \infty$ )

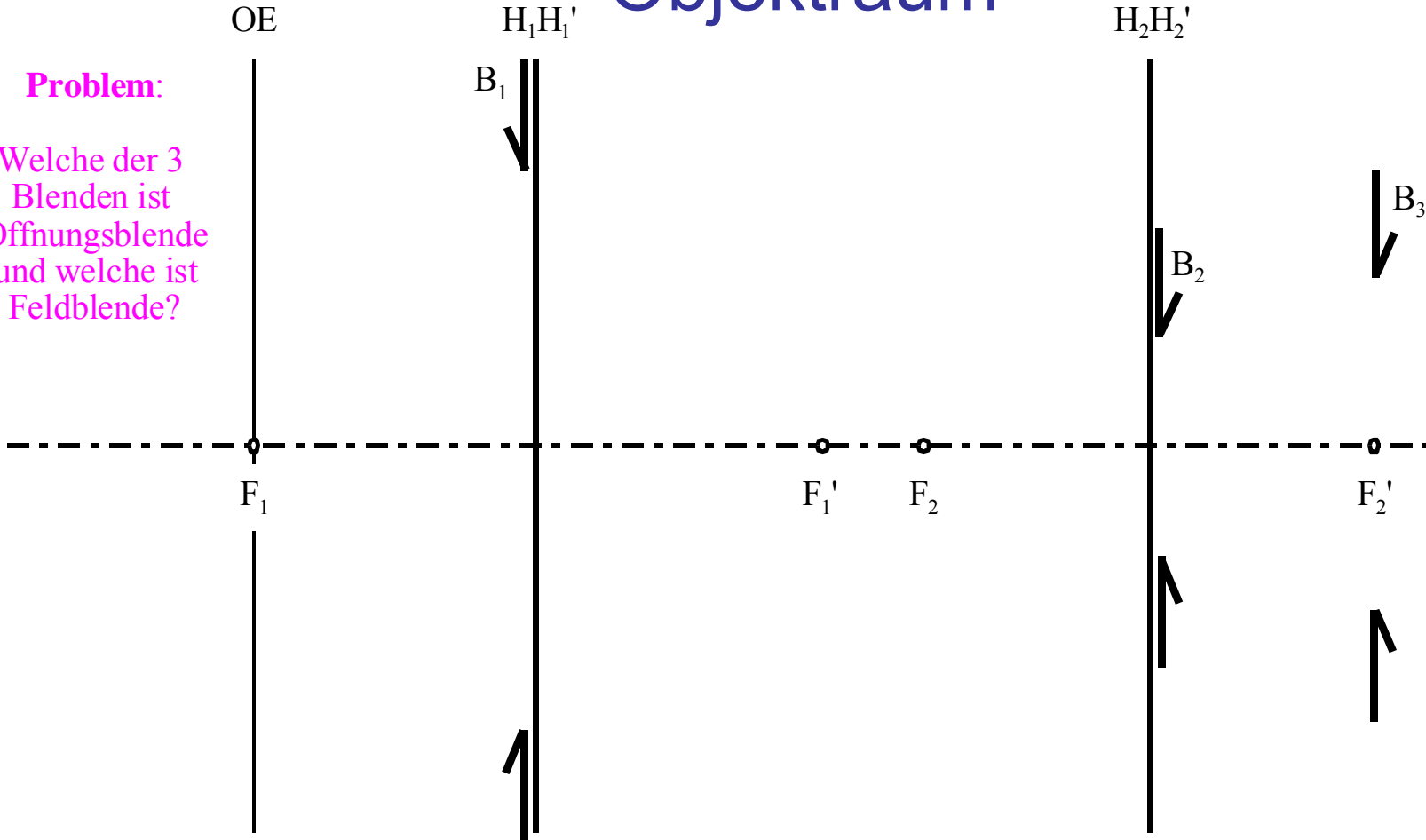
# Wie können Öffnungsblende und Feldblende experimentell ermittelt werden?



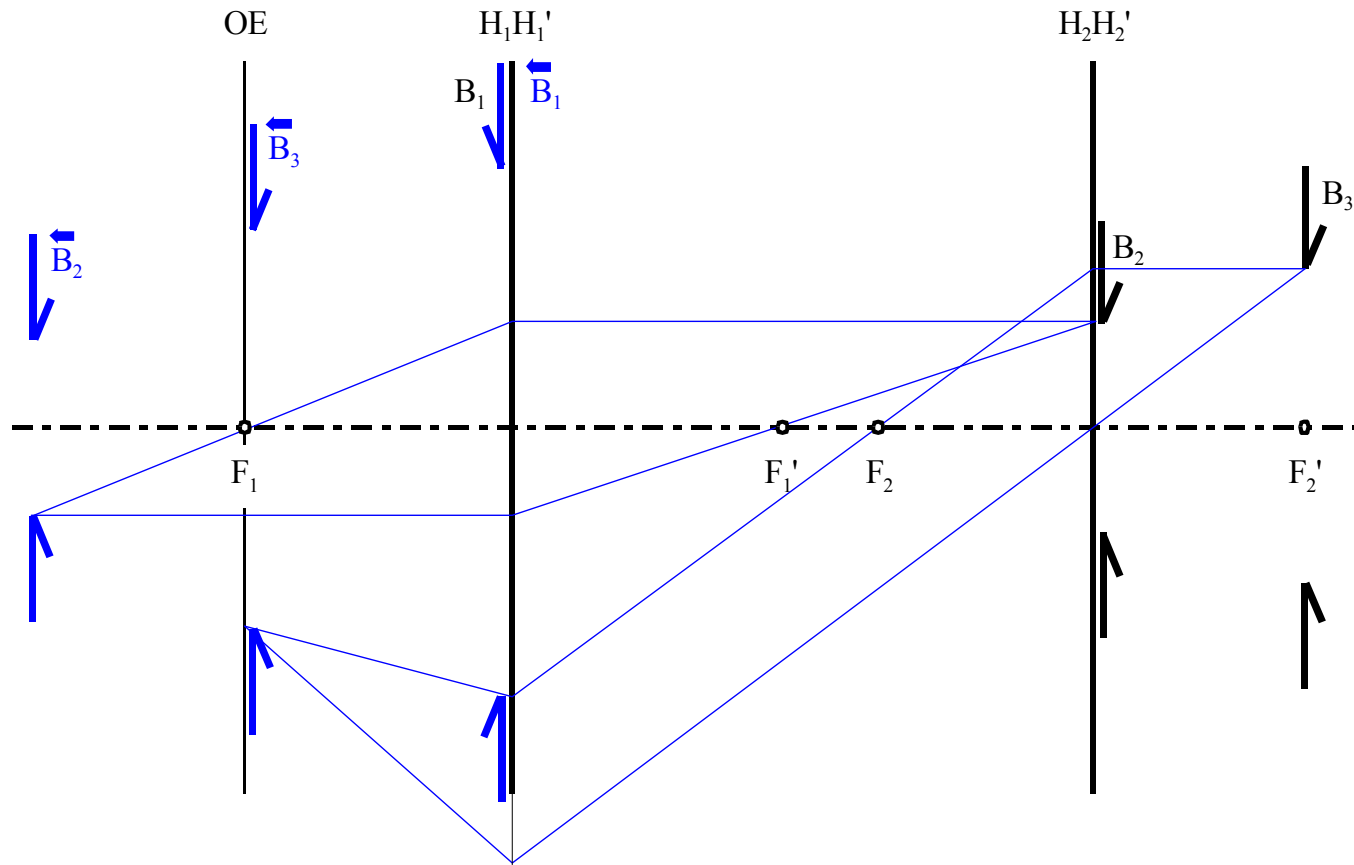
Wie kann man systematisch bei einer unübersichtlichen Anzahl von Blenden die Blendenfunktionen im optischen System ermitteln??

# Beispiel einer Blendenbestimmung im Objektraum

**Problem:**  
Welche der 3  
Blenden ist  
Öffnungsblende  
und welche ist  
Feldblende?



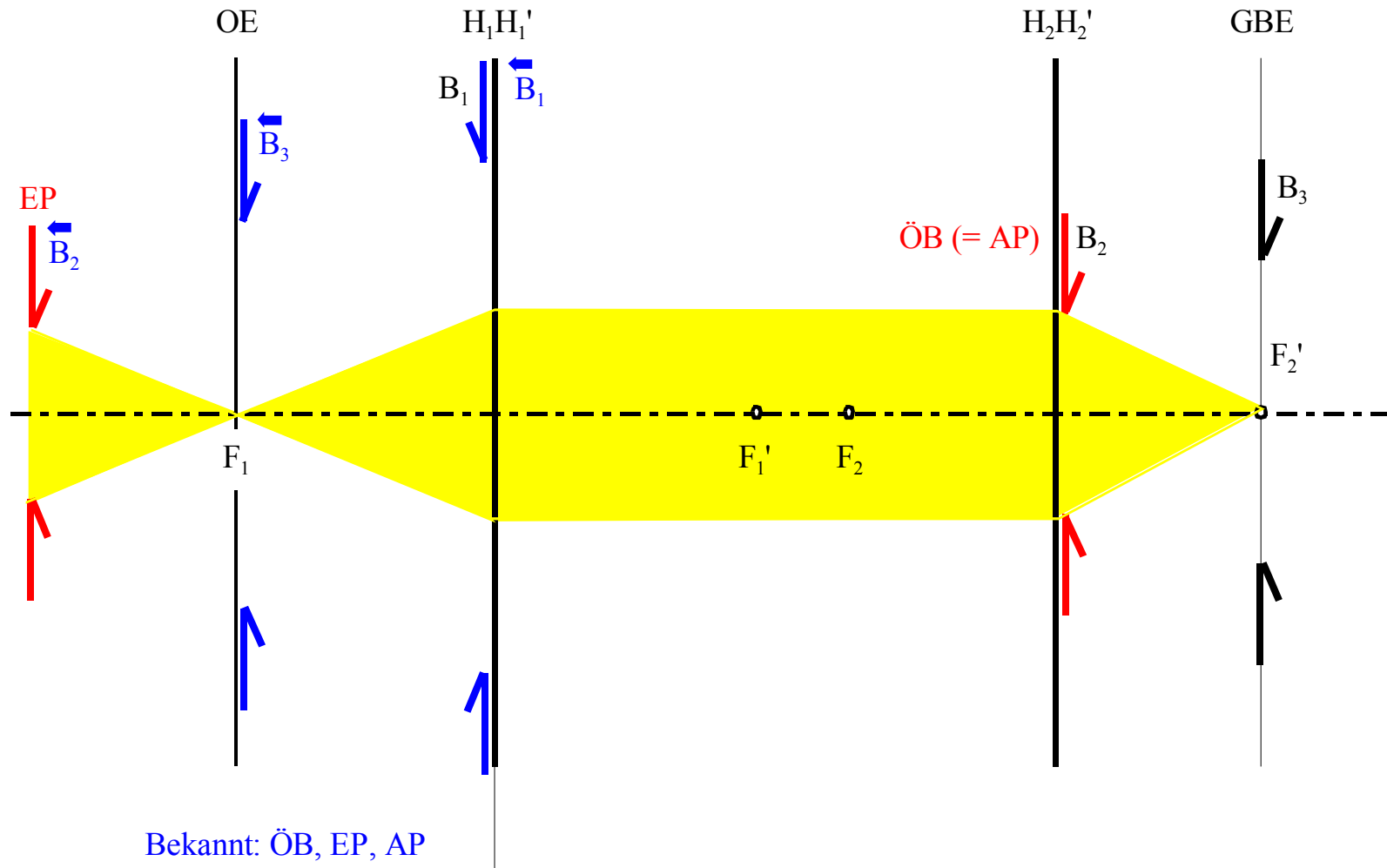
# Abbildung aller Blenden in den Objektraum



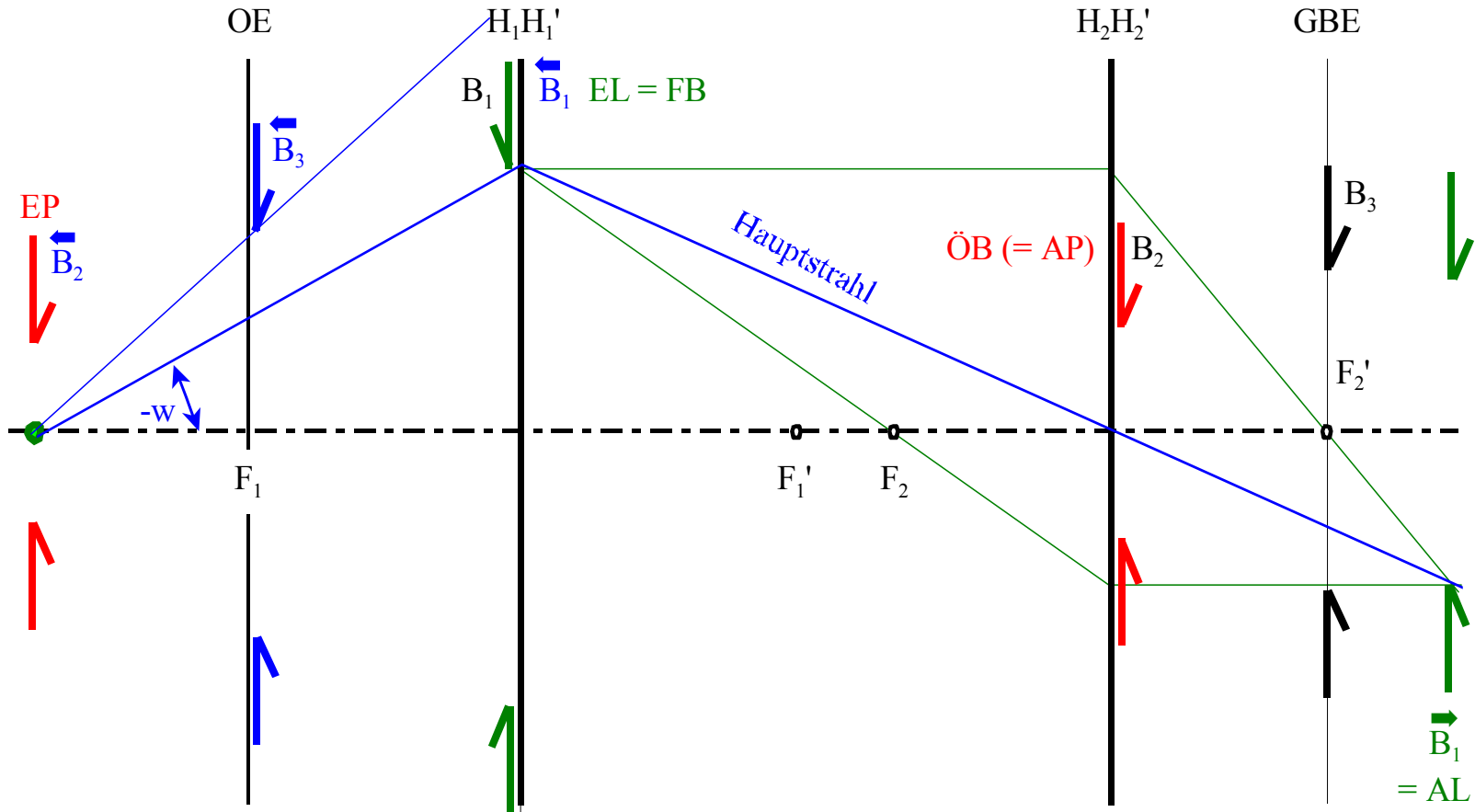
0. Entscheidung: Blendenbestimmung im Objektraum  
⇨ “Abbilden aller Blenden in den Objektraum”



# Zur Bestimmung der Feldblende



# Bestimmung der Feldblende

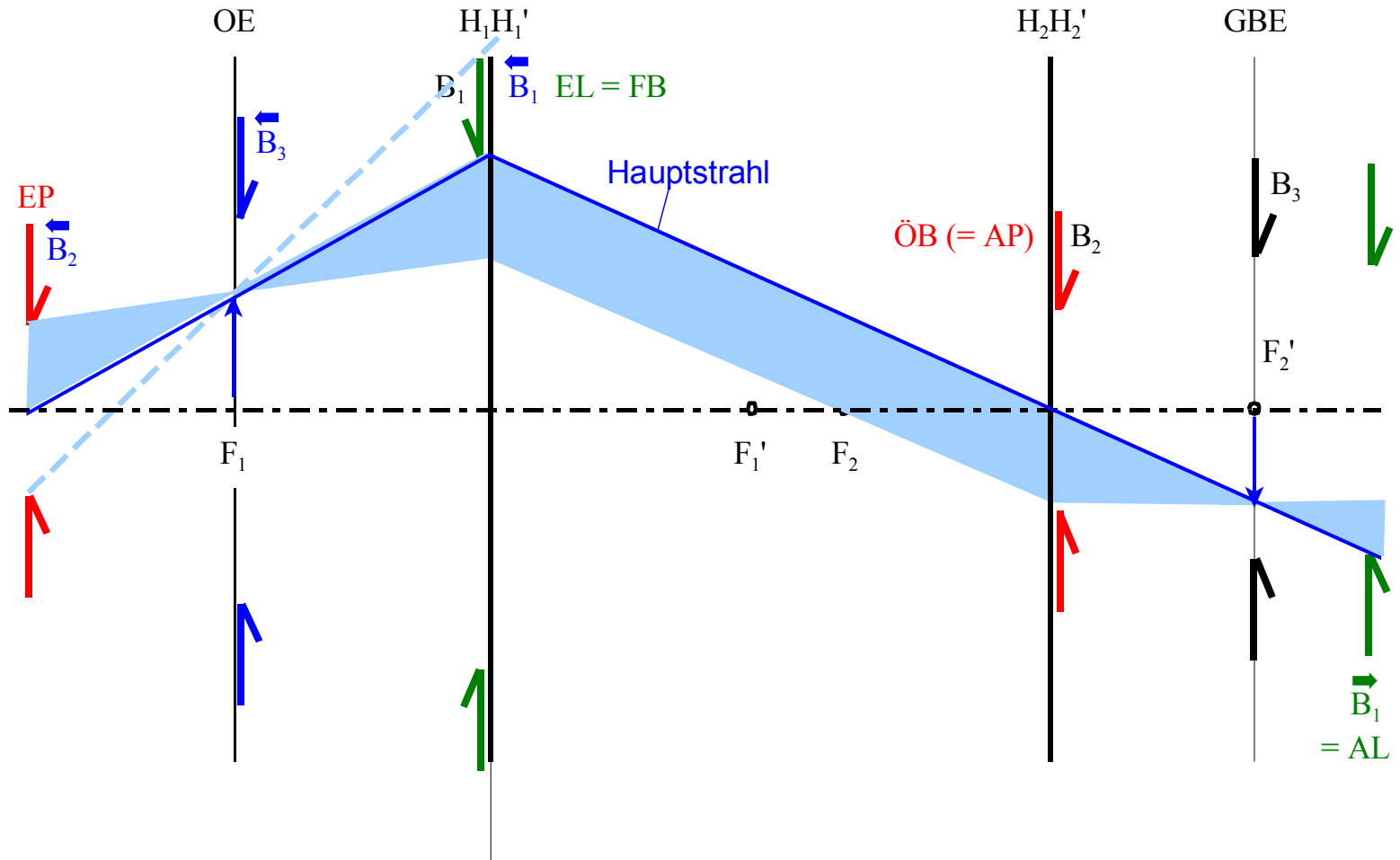


2. Bestimmung:

Eintrittsluke EL im Objektraum

⇒ Schluss auf die Feldblende FB (Austrittsluke AL, GBE)

# Abschattung durch die Feldblende







Was ist der Unterschied zwischen einer abschattenden Feldblende und einer Abschattblende?

Wann kommt es zu einer unscharfen Bildfeldbegrenzung?

# Technische Optik I

## 1. Grundlagen der geometrischen Optik ✓

## 2. (Ideale)geometrisch-optische Abbildung

2.0 Definition und Modelle der optischen Abbildung ✓

2.1 Paraxiale Abbildung ✓

2.2 Kollineare Abbildung ✓

2.3 Strahlenbegrenzung durch Blenden

2.3.1 Allgemein: Blenden im optische System ✓

2.3.2 Öffnungsblende und Pupillen ✓

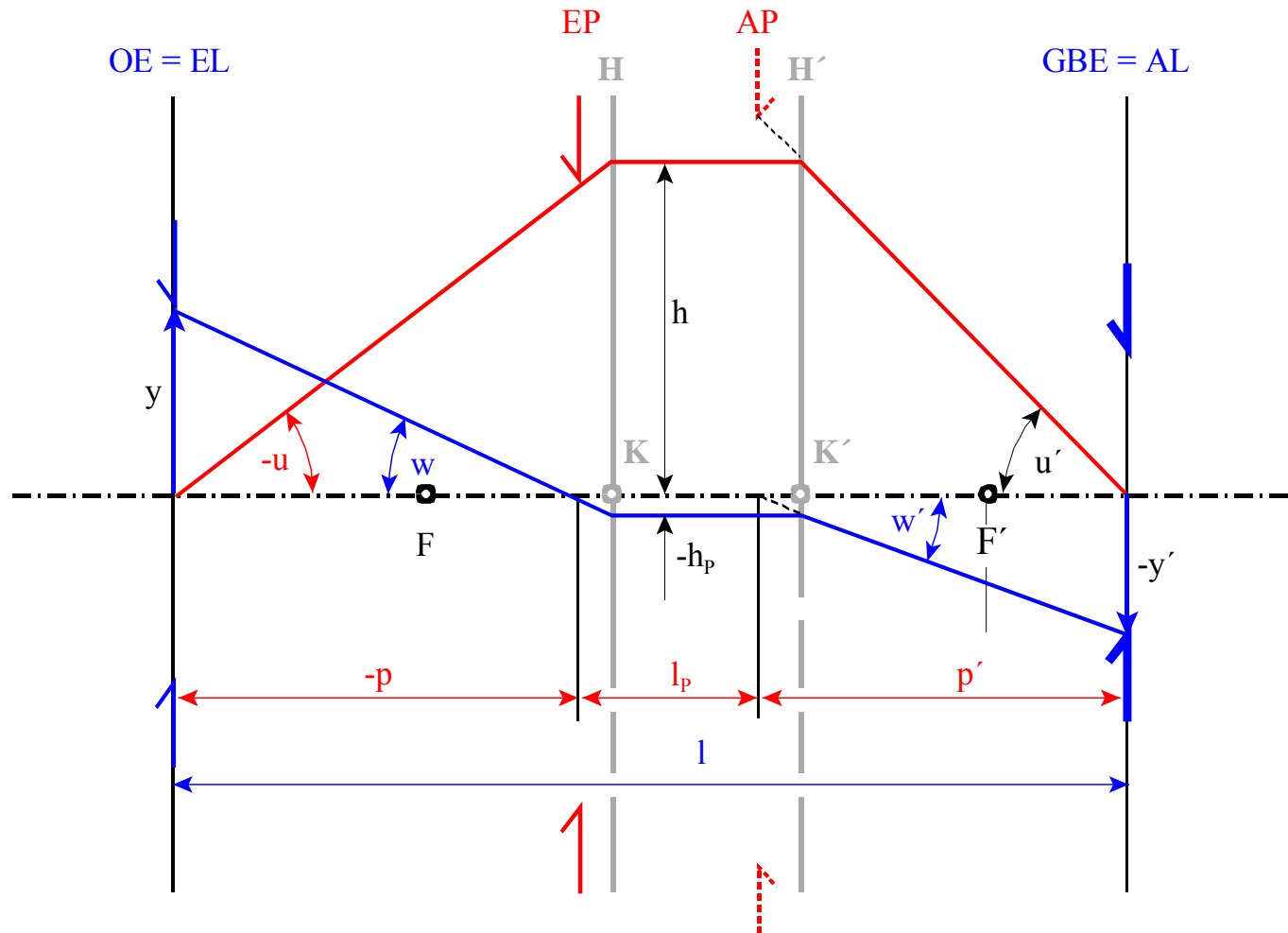
2.3.3 Feldblende und Luken ✓



2.3.4 Verkettete Abbildungen

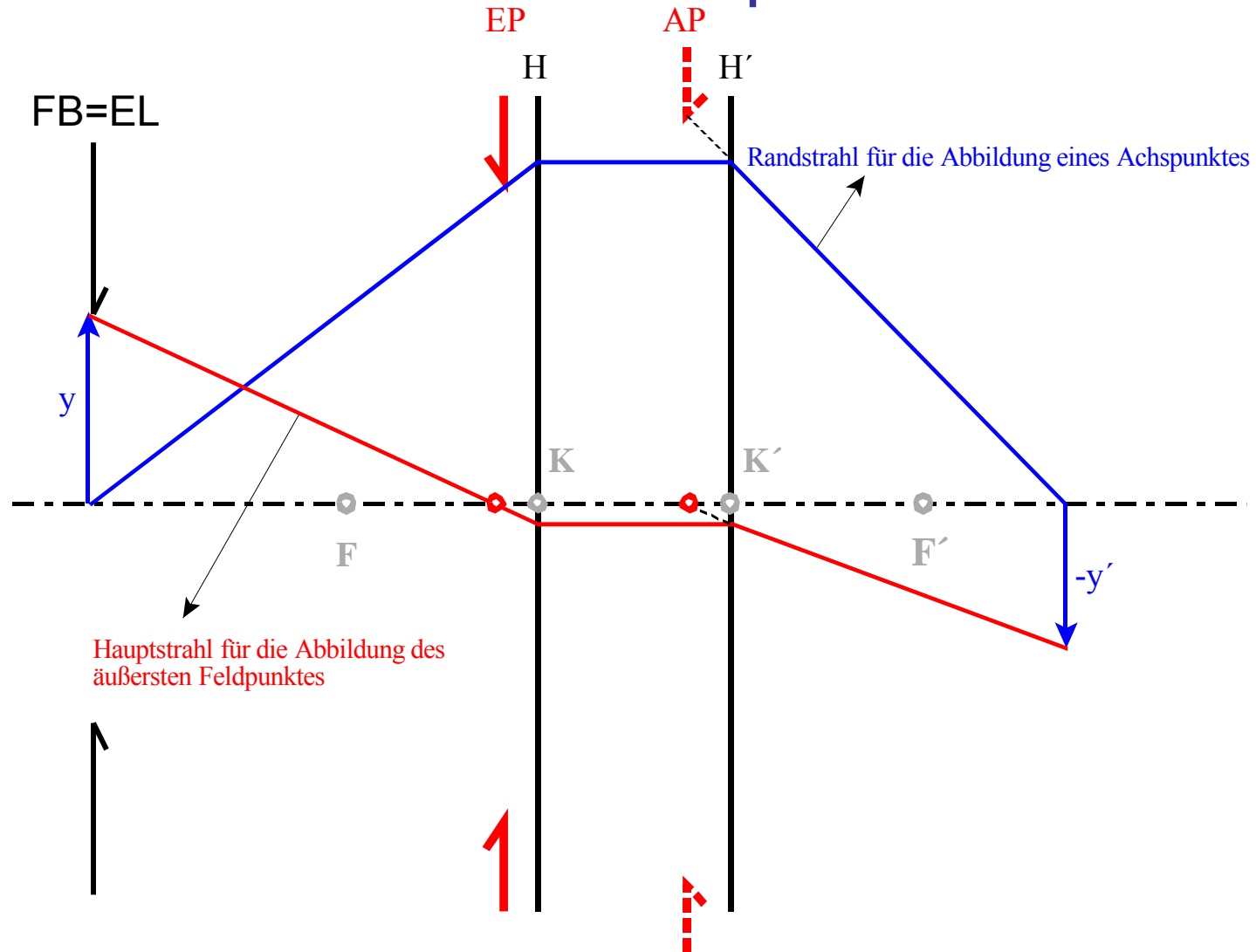
## 3. Grundlagen der optischen Instrumente

## 2.3.4 Verkettete Abbildung = zweifache optische Abbildung

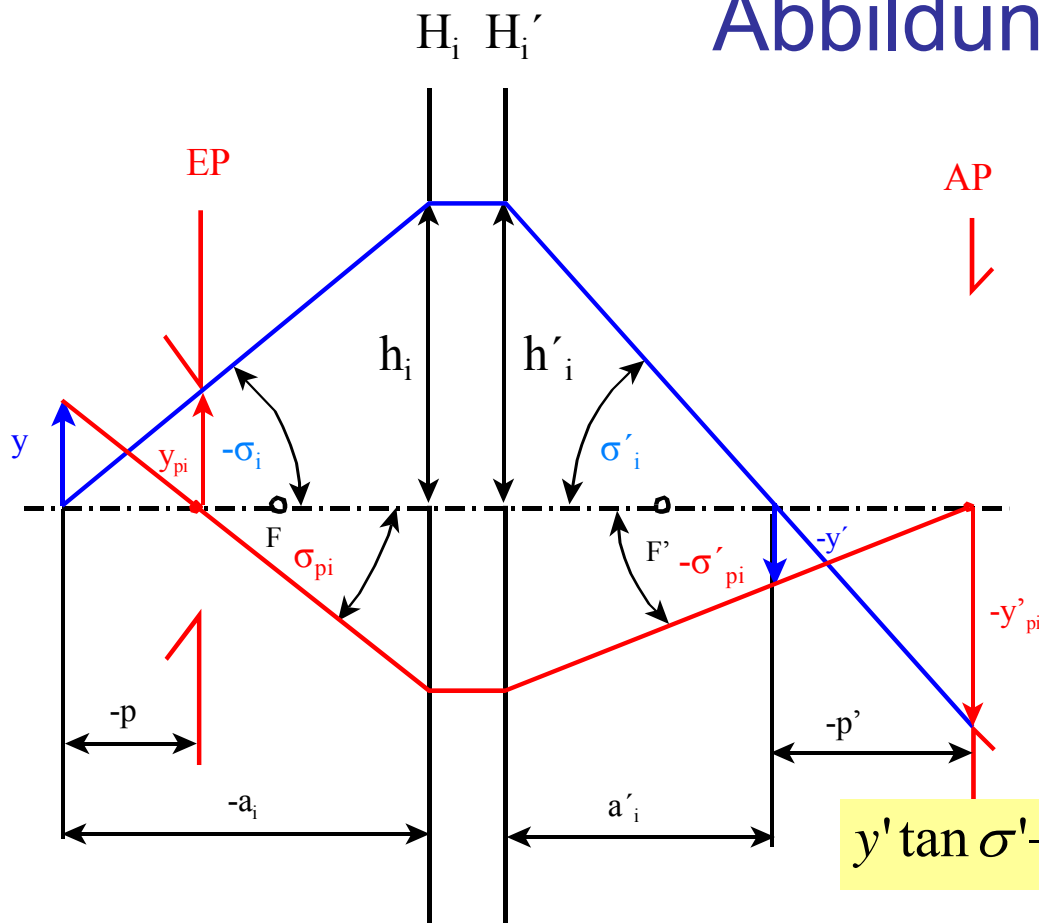


Geometrie und Bezeichnungen für die verkettete Abbildung

# Grafische Bildkonstruktion über Pupillen, Luken und Hauptebenen



# Kollineare Invarianten für die verkettete Abbildung



Helmholtz-Lagrange Invarianten

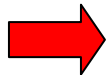
$$y' \tan \sigma' = y \tan \sigma$$

$$y'_p \tan \sigma'_p = y_p \tan \sigma_p$$



$$y' \tan \sigma' - y \tan \sigma = y'_p \tan \sigma'_p - y_p \tan \sigma_p$$

Verknüpfung von Pupillen-  
und Objekt-Bildabbildung



$$y_i \tan \sigma_i - y_{pi} \tan \sigma_{pi} = I$$

(45)

# Einige Formeln der verketteten Abbildung

$$\frac{y' y'_P}{p'} = \frac{y y_P}{p} \quad \Leftrightarrow \quad \beta' \beta'_P = \frac{p'}{p} \quad (46)$$

$$\frac{\tan(\sigma') - \tan(\sigma)}{h} = \frac{1}{f'} = \frac{\tan(\sigma'_P) - \tan(\sigma_P)}{h_P} \quad (47)$$

$$\beta'_P - \beta' = \frac{p'}{f'} = \frac{p' \beta'_P}{p'_F} = -\frac{p'}{\beta'_P p_F} \quad (48)$$

$$\frac{1}{\beta'_P} - \frac{1}{\beta'} = -\frac{p}{f'} = -\frac{p \beta'_P}{p'_F} = \frac{p}{\beta'_P p_F} \quad (50)$$

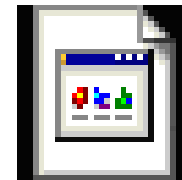
$$l = -p + l_p + p' \quad (51)$$

# Programm ABBI

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

Download von Programm

***ABBI***



Abbi2.exe

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

Ende der 5. Vorlesung