

- Intensität = Information  $\implies$  Informationsübertragung
- Intensitätsverteilung im Objekt soll im Bild widergegeben werden
- Es genügt nicht, die geometrischen-optischen Abb.-Eigenschaften zu untersuchen, es müssen auch die wellen-optischen Eigenschaften berücksichtigt werden
- Kugelwellen  $\rightarrow$  opt. System  $\rightarrow$  Bildraum
- Keine Bildpunkte, sondern eine Lichtverteilung

**Bildentstehung (opt. Übertragungsfkt.):**

**Pupillenfunktion:**

Lichterregung in der AP, also nach der optischen Abb. (inklusive Abb.-Fehler)

$$P(x, y) = A(x, y)e^{ikw(x,y)}$$

$w(x, y)$  ... Abweichung der realen Kugelfläche von Kugelwellen

in der Näherung der Fraunhofer Beugung: Beugung = Fourier-Trafo

$\implies$  Lichterregung im Bild:

$$F(l_x, l_y) = c \underbrace{\int \int}_{\text{AP-Fläche}} P(x, y)e^{-ik(xl_x + yl_y)/r} dx dy$$

$r$  ... Abstand von der AP-Mitte zum Soll-Bildpunkt

$l_x, l_y$  ... Koordinaten im Bild, Nullpunkt = Soll-Bildpunkt

$\implies$  Bestrahlungsstärke:

$$B(l_x, l_y) = F(l_x, l_y)F^*(l_x, l_y)$$

ohne Fehler, perfekte Abbildung: Punktbild  $\implies$  Airy disc

**11.2 Geschichte**

Anwendung: Medizin, Biologie, Halbleiter, Materialprüfung, Mikromanipulation

1673	A. van Leeuwenhoek:	einfaches Mikroskop
1684	Chr. Huygens:	Obj. mit hoher numerischer Aperatur und Farbkorrektur
1860	C.A. Spencer:	einfaches Mikroskop
1840-1905	Abbe:	Bildentstehung und opt. Auflösung
1935	F. Zernike:	Phasenkontrast (1953 Nobelpreis)
1957	Marvin Minsky:	Konfokale Mikroskopie
1993	W. Denk:	Multiphoton Mikroskopie
2000	S. Hell:	STED
		noch neuer: STORM

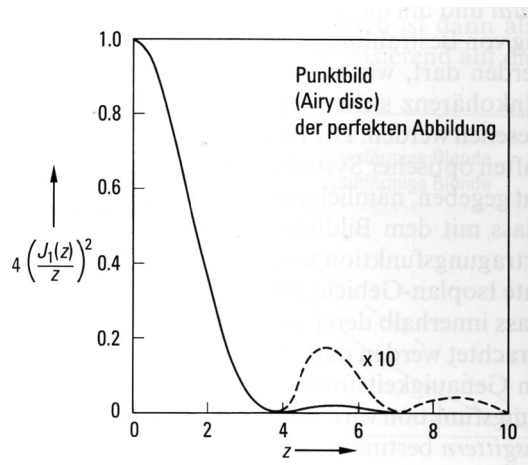


Abbildung 1: Radiale Variation der Bestrahlungsstärkeverteilung im Punktbild bei perfekter Abbildung.

### 11.3 Grundaufbau

zweistufig:

- Objektiv: Objekt  $l$   $\rightarrow$  vergrößertes reelles Zwischenbild  $l'$
- Okular: Funktion einer Lupe zur weiteren Vergrößerung

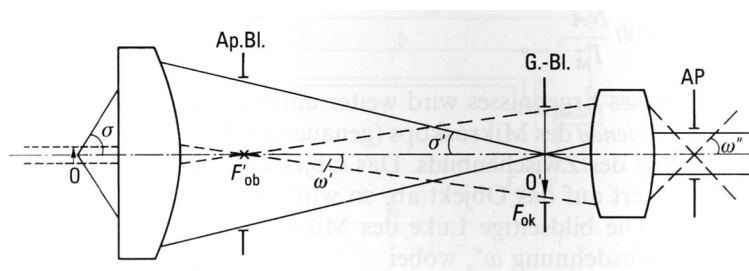


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Objekt- und der Pupillenabbildung beim Mikroskop.

$$f_{Ob}, f_{Ok} > 0$$

Abb.-Maßstab Objektiv:

$$\beta_{Ob} = \frac{l'}{l} = \frac{n \cdot \sin u}{n \cdot \sin u'} = -\frac{x'_{Ob}}{f_{Ob}}$$

$$x'_{Ob} = t_0 = F'_{Ob} F_{Ok} \quad \dots \quad \text{optische Tubuslänge}$$

Okular-Vergrößerung

$$\Gamma_{Ok} = \frac{250}{f_{Ok}}$$

$\Rightarrow$  Gesamt-Vergrößerung

$$\Gamma_M = -\beta_{Ob} \cdot \Gamma_{Ok} = 250 \cdot \frac{t_0}{f_{Ob} f_{Ok}} = -\frac{250}{f_M} \quad \Rightarrow \quad f_m < 0$$

Bereich der Vergrößerung: 40 bis 4000 fach

Lage der Aperturblende:

$$x'_{Ap} = \frac{f_{Ok}^2}{t_0} > 0$$

Durchmesser der AP:

$$\Phi_{Ap} = 500 \frac{NA}{\Gamma_M}$$

$NA = n_1 \sin u_1$  ... numerische Apertur

$$\tan w'' = \frac{l'}{f_{Ok}}$$

charakteristische Größe:  $\beta_{Ob}$      $\Gamma_{Ok}$      $NA$      $t_0$

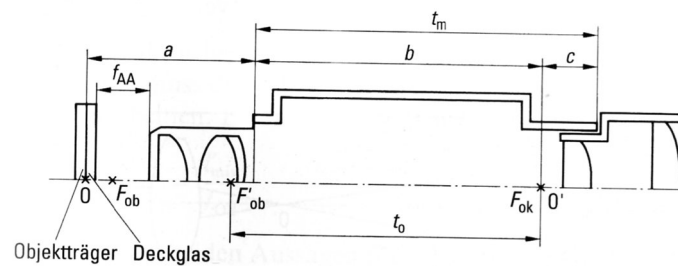


Abbildung 3: Wiedergabe der Zusammenhänge zwischen mechanischen Einbaudaten und den Objekt- und Bildlagen beim Mikroskop.

$f_{AA}$  ... freier Arbeitsabstand

$a$  ... Abgleichlänge

$$f_{Ob} = \frac{a + b - \overline{HH'_{Ob}}}{2 - \beta_{Ob} - \frac{1}{\beta_{Ob}}}$$

heute Tubuslänge:  $\infty$