

Wellenoptik

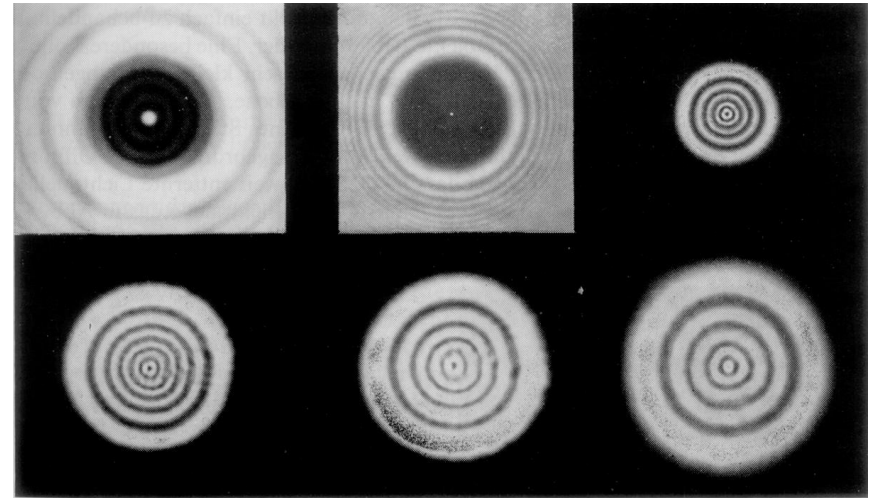
■ „Wellenoptik“

- Typische Abmessungen D der abbildenden System (Blenden, Linsen) sind klein gegen die Wellenlänge λ des Lichts
- Wellencharakter des Lichts führt zu Erscheinungen wie Beugung und Interferenz



1

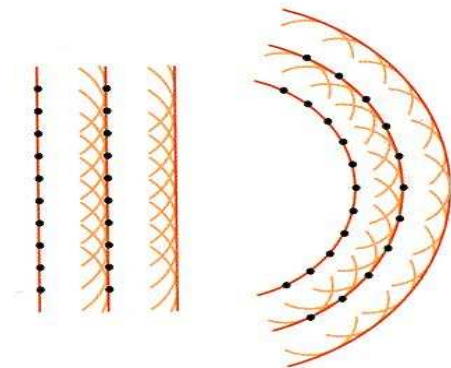
Beugung an Linsenöffnungen



2

Das Huygensche Prinzip

Jeder Punkt einer Wellenfront kann als Ausgangspunkt von Elementarwellen angesehen werden, die sich mit gleicher Geschwindigkeit und Wellenlänge wie die ursprüngliche Welle ausbreiten.



3

Kohärenz

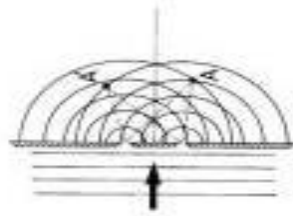
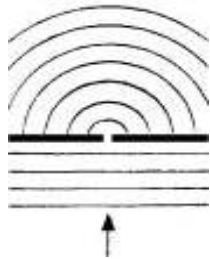
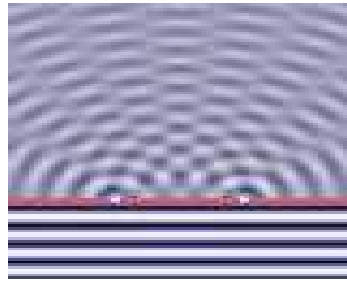
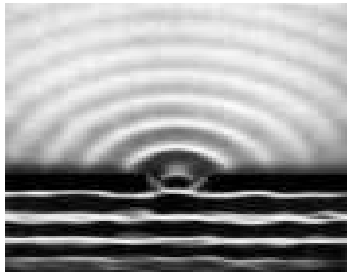
Lichtwellen, die die folgende Kriterien erfüllen, werden als **kohärent** bezeichnet:

- gleiche Wellenlänge
- Wellen schwingen in der gleichen Ebene
- Wellen wirken zum gleichen Zeitpunkt am gleichen räumlichen Ort

Nur Lichtwellen, die das Kriterium der Kohärenz erfüllen, sind in der Lage zu interferieren

4

Beugung am Spalt



5

Interferenz

Def.: Die ungestörte Überlagerung mehrerer gleichfrequenter Wellen am selben Ort mit fester Phasenbeziehung

Bei Interferenz zweier Wellen erhält man:

1. maximale Verstärkung

bei einem Gangunterschied $\Delta s = k\lambda$

und bei einer Phasendifferenz $\Delta\varphi = 2k\pi$

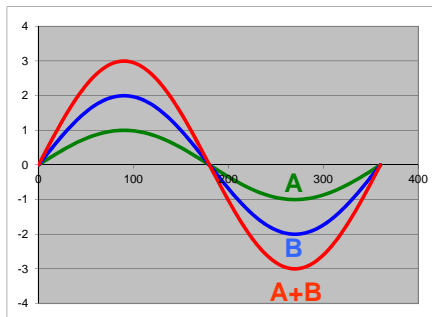
2. maximale Abschwächung

bei einem Gangunterschied $\Delta s = (2k+1)\lambda/2$

und bei einer Phasendifferenz $\Delta\varphi = (2k+1)\pi$

$k=0, 1, 2, \dots$ 6

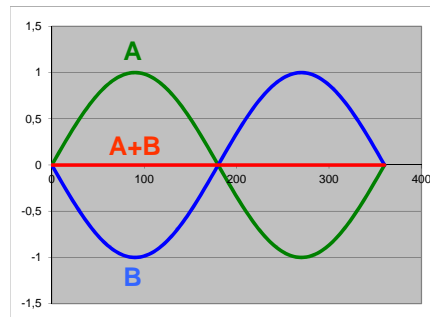
Interferenz



Verstärkung

$$\Delta\varphi = 0$$

$$\Delta s = 0$$



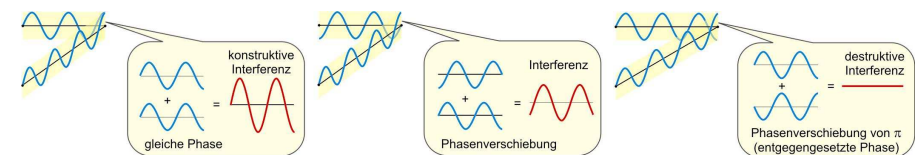
Auslöschung

$$\Delta\varphi = \pi$$

$$\Delta s = 1/2 \lambda$$

7

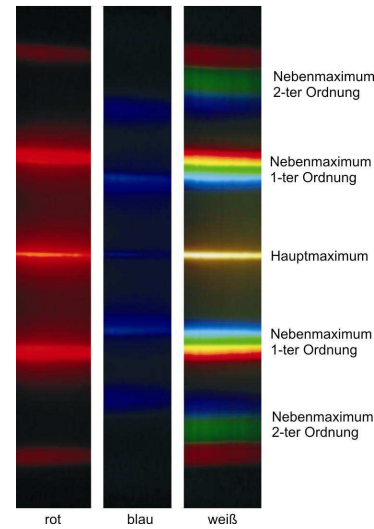
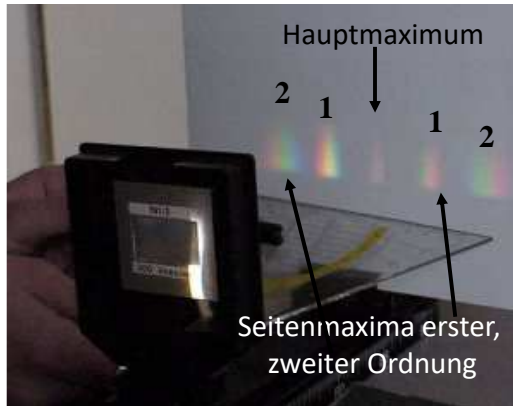
Interferenz



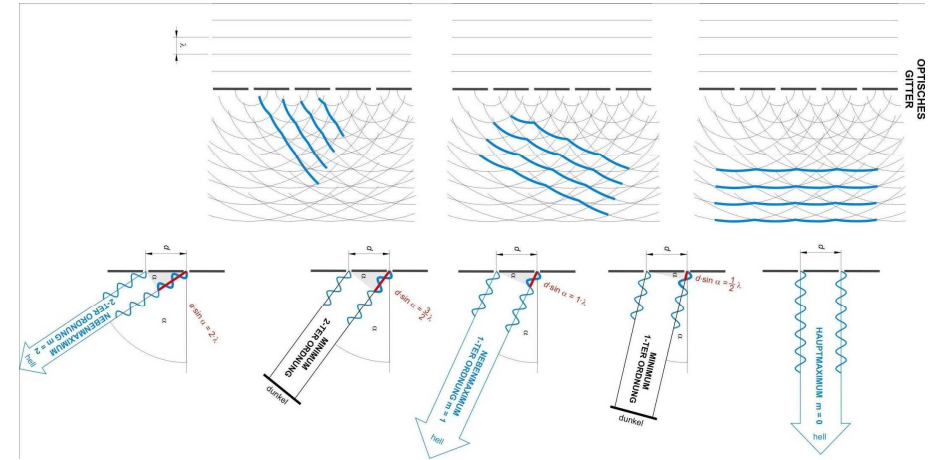
8

Beugung am Gitter

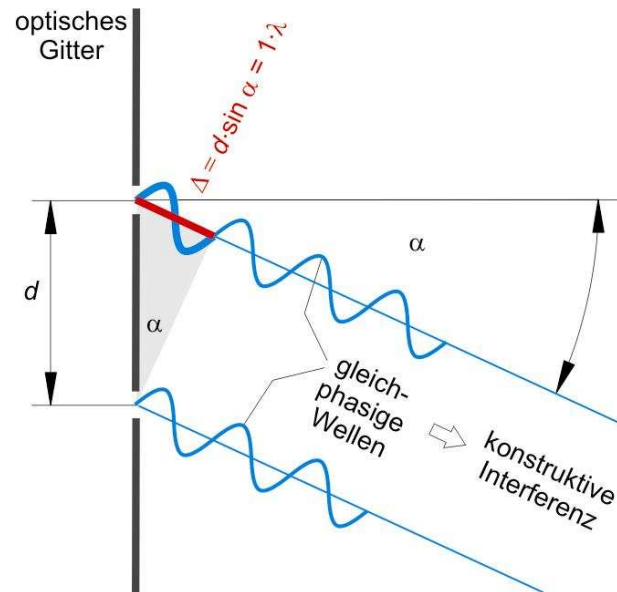
weißes Licht



9

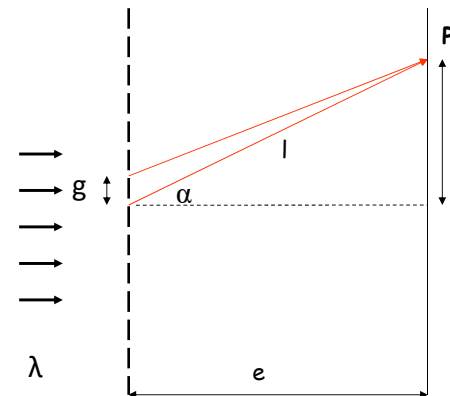


10



11

Beugung am Gitter



$$\text{Gangunterschied: } \Delta = g \cdot \sin \alpha_k$$

$$\Delta = k \cdot \lambda$$

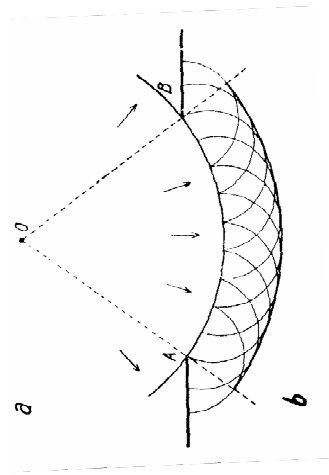
$$\sin \alpha_k = \frac{a_k}{l} = \frac{a_k}{\sqrt{e^2 + a_k^2}}$$

Beispiel: $a=4,1 \text{ cm}$, $e=2,55 \text{ m}$, $g=0,04 \text{ mm}$
 $\lambda=?$

12

Das Auflösungsvermögen optischer Geräte

- **Lichtbeugung:**
ein Teil aus einer
Wellenfront wird
ausgeblendet



13

Das Auflösungsvermögen optischer Geräte

□ Folgerungen der Lichtbeugung:

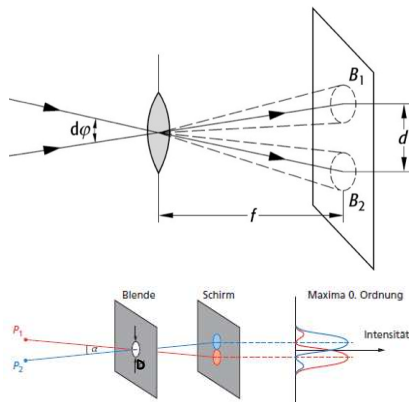
- Das physikalisch-optische Bild eines Punktes ist ein Beugungsscheibchen (Airy-Scheibchen) mit dem Radius:

$$r = 1,22 \frac{\lambda f}{D}$$

- Der endliche Radius des Beugungsscheibchens bestimmt die Grenze der Leistungsfähigkeit optischer Instrumente bezüglich der Struktur-Auflösung.
- Das Auflösungsvermögen ist ein Maß dafür, dass zwei Gegenstandspunkte gerade noch getrennt wahrgenommen werden können.

14

Das Auflösungsvermögen optischer Geräte



Rayleigh-Kriterium: $r \leq d$

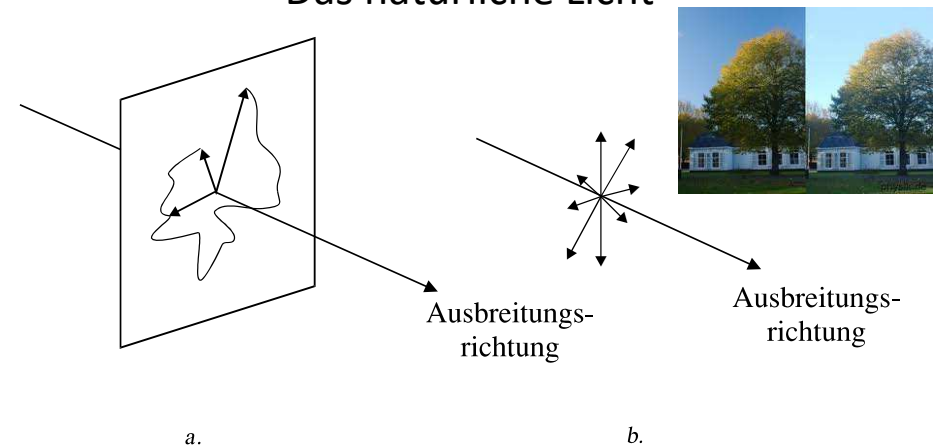
$$d = f d \phi$$

Auflösungsgrenze:

$$d \phi = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

15

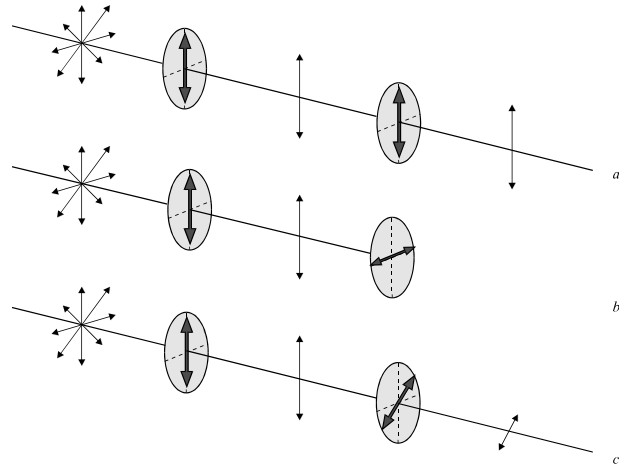
Das natürliche Licht



Im Licht einer normalen Lichtquelle sind die Schwingungsebenen der verschiedenen Wellen **regellos** über alle Richtungen verteilt.

16

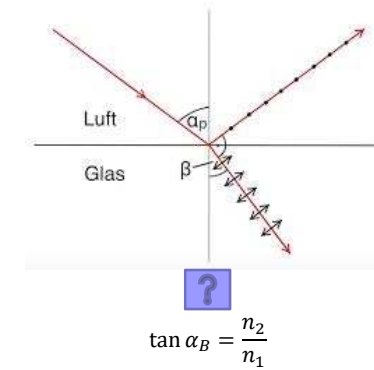
Polarisiertes Licht



Polarisationsfilter lassen nur Licht einer bestimmten Schwingungsrichtung durch.

17

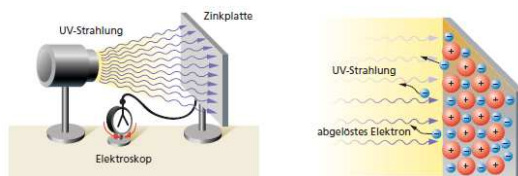
Polarisation durch Reflexion und durch Brechung



Brewstersches Gesetz

18

Teilchencharakter des Lichts



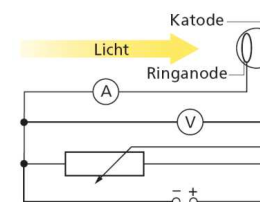
- negativ geladene Zinkplatte + UV-Licht => Entladung
- negativ geladene Zinkplatte + sichtbares Licht => keine Entladung
- positiv geladene Zinkplatte + UV-Licht => kein Effekt

Die Erscheinung, dass bei der Bestrahlung mit geeignetem Licht aus der Oberfläche von Festkörpern Elektronen austreten können, wird als **äußerer Photoeffekt** bezeichnet.

Erklärung: $E = W_A + E_{kin}$

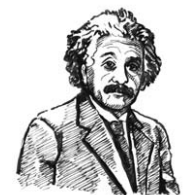
19

Teilchencharakter des Lichts



$$U \uparrow \Rightarrow I \downarrow$$

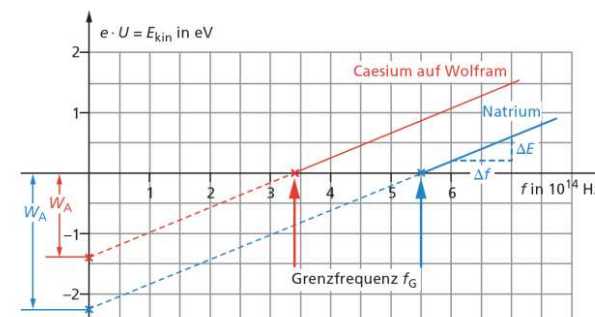
$$I = 0 \Rightarrow eU = E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$$



$$E_{kin} = E - W_A$$

$$h = \frac{\Delta E}{\Delta f}$$

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda}$$



20