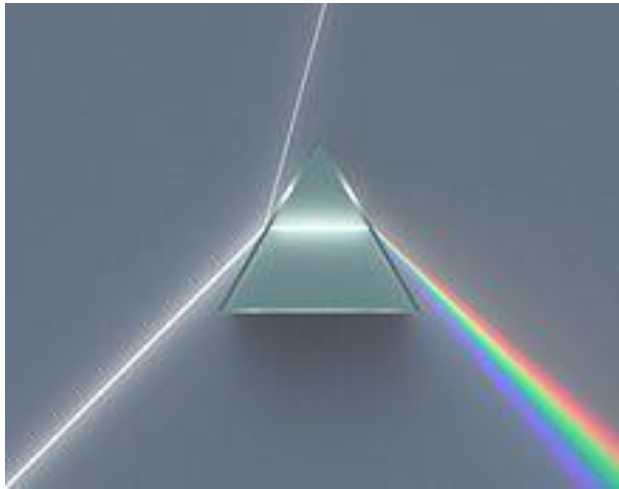


Wellencharakter von Licht



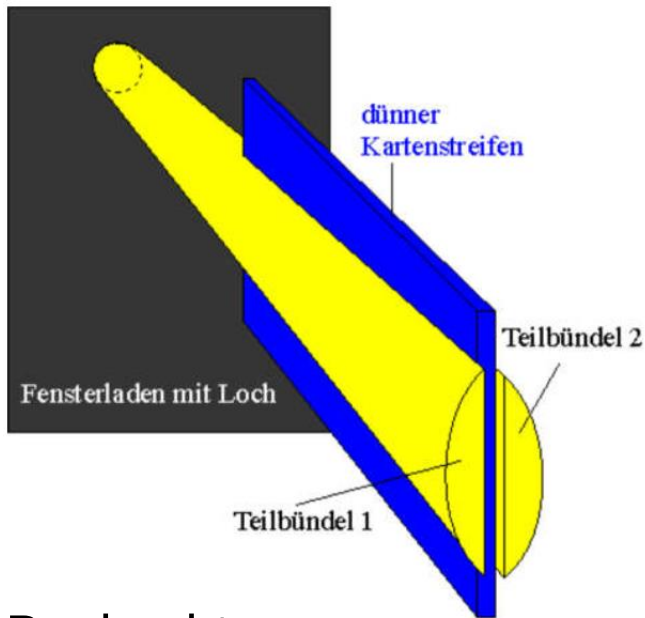
Reflexion

Brechung

Dispersion

und ... ?

Erste Versuche von Thomas Young (1802)



In den Fensterladen eines abgedunkelten Fensters wurde ein kleines Loch gebracht, so dass ein schmales, divergentes Lichtbündel entstand.



In den Lichtkegel brachte er einen schmalen Kartonstreifen, der das Licht in zwei Teilbündel aufteilte und auf eine gegenüberliegende Fläche projizierte.

Beobachtungen:

- (1) Es entstanden mehrere Schattengebiete, deren Abstand von der Entfernung der Projektionsfläche abhing.
- (2) An den Schattenrädern waren Farben zu erkennen.
- (3) Die Mitte dieser Projektion blieb (allezeit) weiß.

Erklärung:

Die Streifen entstehen nach „Inflexion“ (Beugung) an den Kanten des Kartons und nachfolgender Überlagerung aus ihren Gangunterschieden.

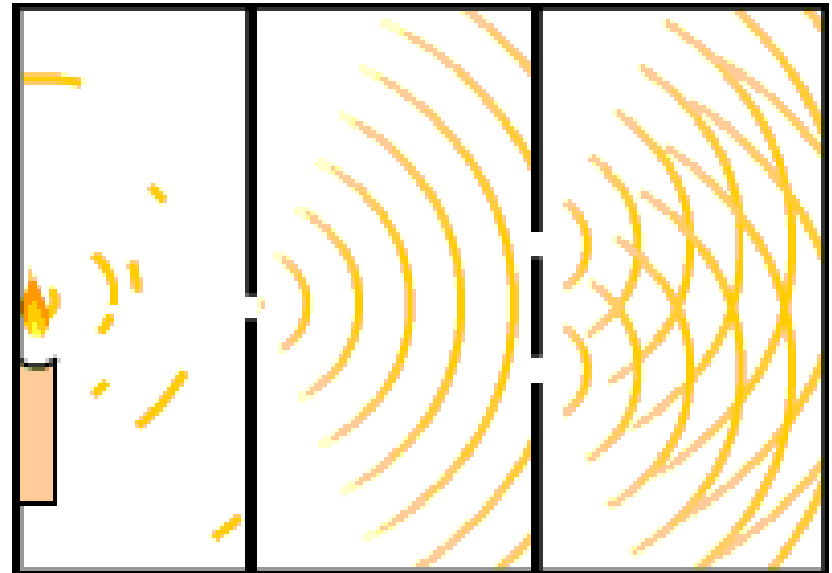
Veröffentlichung 1807:

"Um zwei Lichtbündel zur Interferenz zu bringen, müssen sie von einer Lichtquelle kommen und den gleichen Ort auf verschiedenen Wegen in nicht viel voneinander abweichender Richtung erreichen. Diese Richtungsänderung kann an einem oder beiden Lichtbündeln durch Beugung, Reflexion oder Brechung, oder auch durch Kombination dieser Mittel erreicht werden; aber der einfachste Fall scheint der zu sein, wenn ein Bündel homogenes Licht auf einen Schirm mit zwei Schlitzen fällt; diese können als Zentren der Ausstrahlung betrachtet werden, von denen das Licht in alle Richtungen gebeugt wird."

► Doppelspaltexperiment

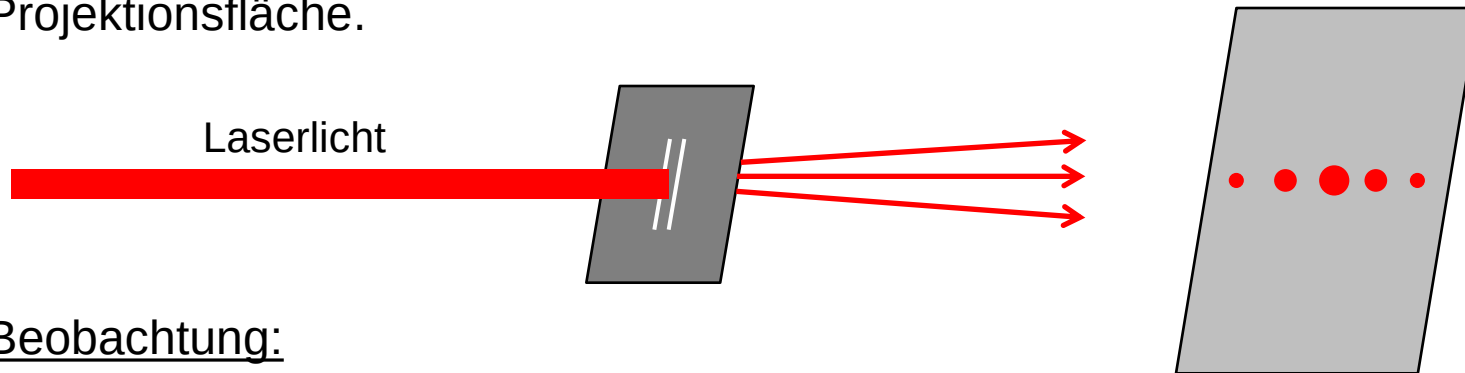
Das Doppelspaltexperiment ist der (auch heute noch) der nachhaltigste Beweis für den Nachweis der Welleneigenschaft einer physikalischen Erscheinung.

Grundprinzip:



Das Doppelspaltexperiment mit einem Laser:

Ein sehr schmales paralleles Lichtbündel (z.B. Laser) trifft auf zwei dicht beieinander liegende schmale Spaltöffnungen und nachfolgend auf eine Projektionsfläche.



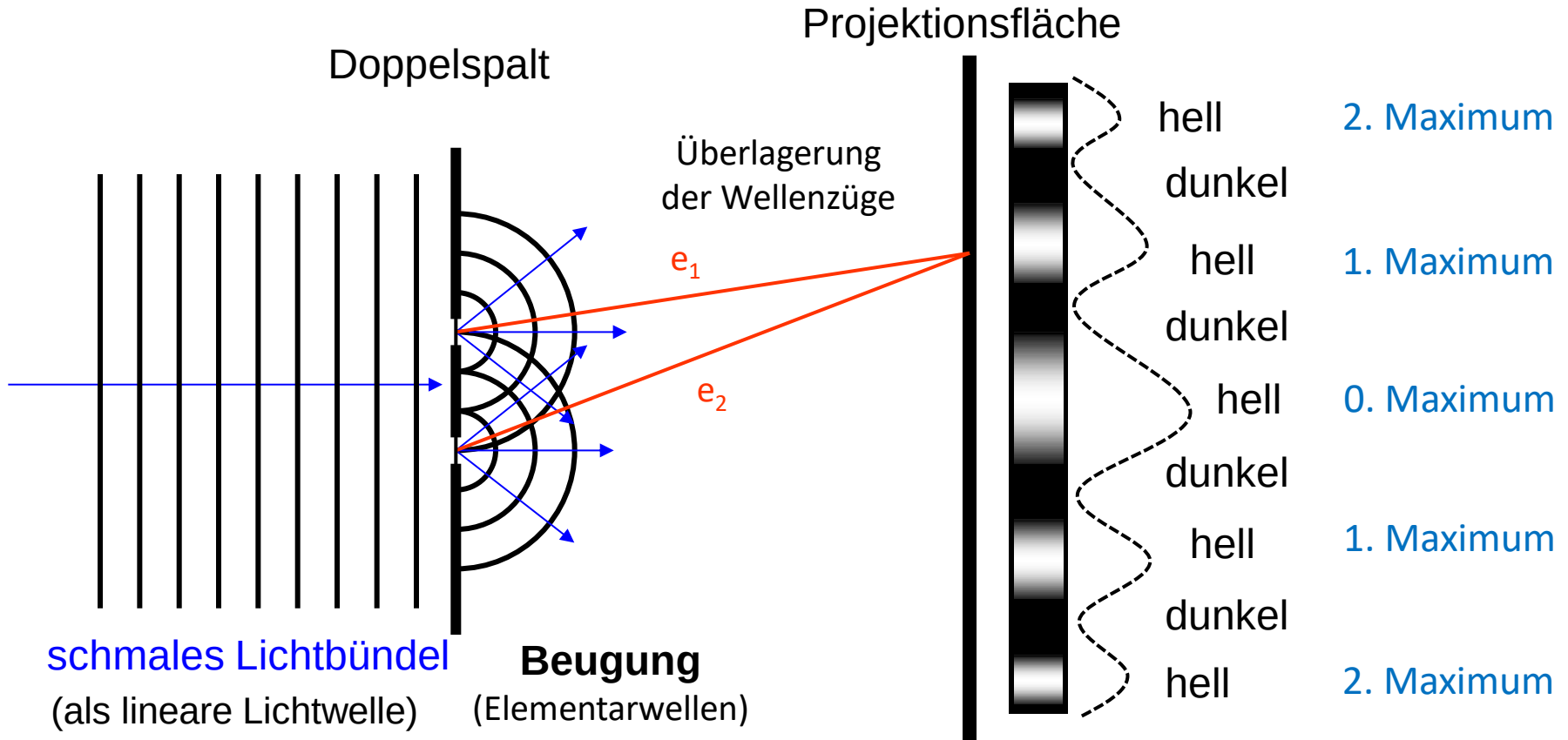
Beobachtung:

- mehrere (>2) helle und dunkle Streifen (Punkte)
- die Intensität (Helligkeit) des mittleren Streifen ist am größten und nimmt nach beiden Seiten hin ab.

Deutung:

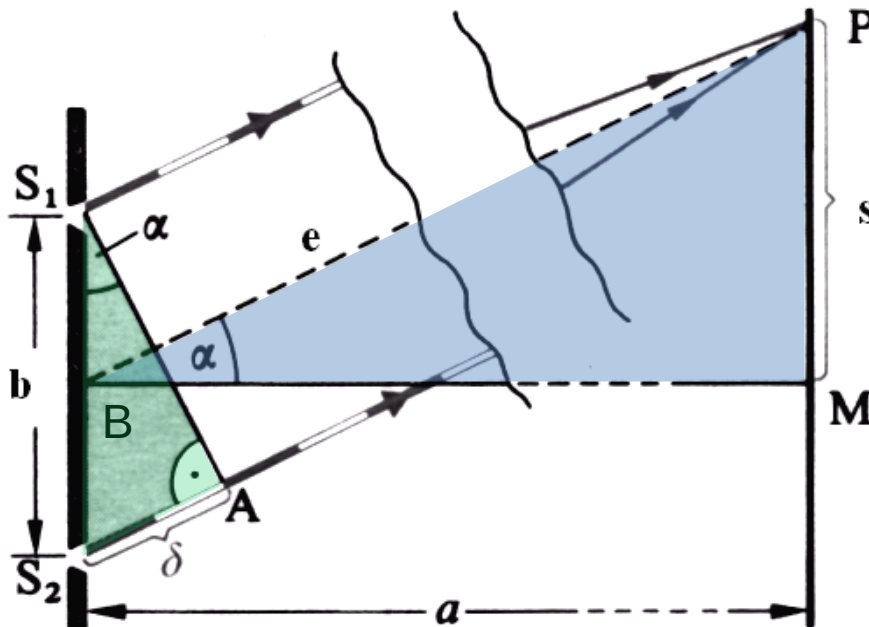
- Am Doppelspalt wird das Licht gebeugt und breitet sich in verschiedene Richtungen weiter aus.
- Treffen diese Lichtwellen aufeinander so interferieren sie.
 - helle Streifen – Verstärkung (Maximum)
 - dunkle Streifen – Abschwächung (Minimum)

Erklärung:



Auf dem Projektionsschirm entsteht eine (symmetrische) **Interferenzfigur**.
Im Maximum 1.Ordnung legen die Wellen die Strecken e_1 und e_2 zurück.
Beide Wege sind unterschiedlich ($e_2 > e_1$) und besitzen einen **Gang unterschied** von $\Delta e = e_2 - e_1 = \delta$.

Interferenzgleichung am Doppelspalt:



s_k ... Abstand Maximum k-ter Ordnung vom Maximum 0. Ordnung

e_k ... Entfernung vom Doppelspalt zum Maximum k-ter Ordnung

b ... Abstand der Doppelspalte

λ ... Wellenlänge des Lichtes

$$\triangle BMP \sim \triangle S_1 S_2 A$$

... gleich großer Winkel α

$$\sin(\alpha) = \frac{PM}{BP} \quad \sin(\alpha) = \frac{S_2 A}{S_1 S_2}$$

$$\sin(\alpha) = \frac{s}{e} \quad \sin(\alpha) = \frac{\delta}{b}$$

Maximum (konstruktive Interferenz):

$$\delta = k \cdot \lambda$$

$$k = 1; 2; \dots$$

$$\sin(\alpha_k) = \frac{k \cdot \lambda}{b}$$

α_k ... **Interferenzwinkel für Maximum k-ter Ordnung**

$$\frac{s_k}{e_k} = \frac{k \cdot \lambda}{b}$$

Interferenzgleichung für Maxima

geometrische Betrachtung am Doppelspalt:

Interferenzgleichung für Maxima:

$$\frac{s_k}{e_k} = \frac{k \cdot \lambda}{b}$$

→ Bestimmung von λ

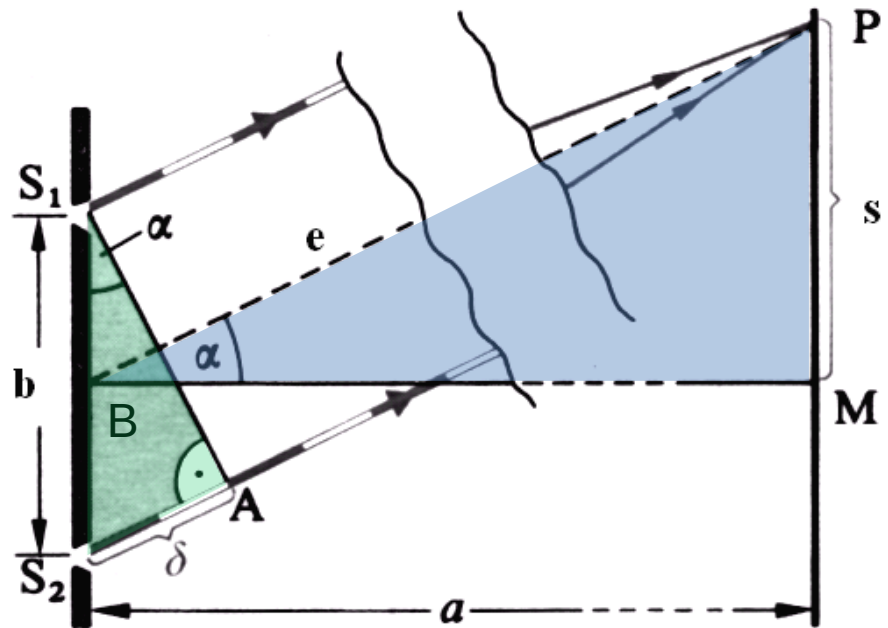
Der Abstand $BP=e$ ist nur schwer genau messbar.

Betrachtung des Schirmabstandes $BM=a$ zur Berechnung des Interferenzwinkels α .

$$\tan(\alpha) = \frac{s}{a}$$

Für die Maxima k-ter Ordnung gilt:

$$\tan(\alpha_k) = \frac{s_k}{a} \quad \sin(\alpha_k) = \frac{k \cdot \lambda}{b}$$

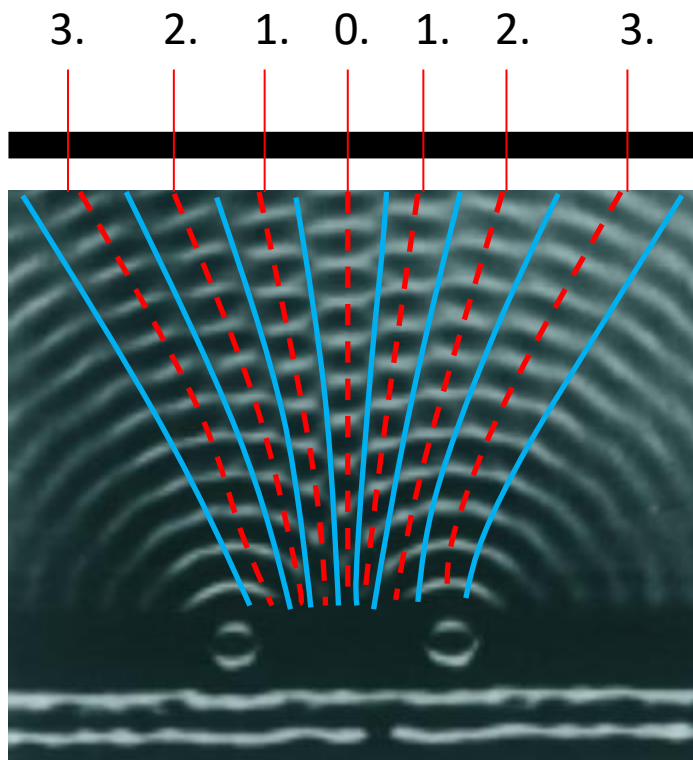


Nur für kleine Interferenzwinkel α gilt näherungsweise:

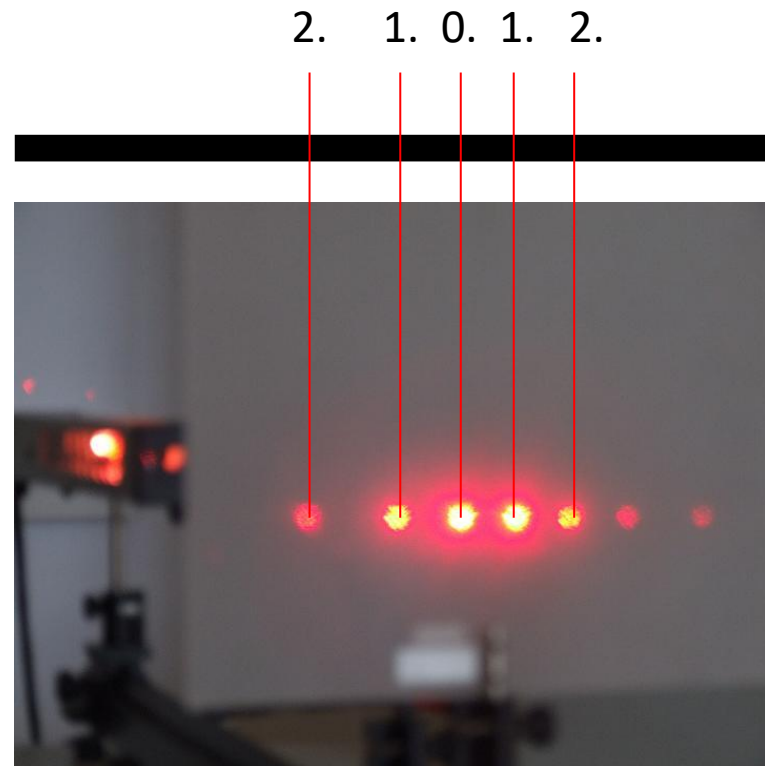
$$\tan(\alpha) = \sin(\alpha)$$

$$\frac{s_k}{a} = \frac{k \cdot \lambda}{b}$$

Interferenzvergleich von mechanischen Wellen und Lichtwellen:



gut sichtbare Interferenzminima



gut sichtbare Interferenzmaxima

Auf einer ebenen Projektionsfläche werden die Abstände zwischen den benachbarten Maxima mit zunehmender Ordnung größer.

$$s_k \approx k$$

► Verbesserung der Sichtbarkeit ?

$$\frac{s_k}{a} \approx \frac{k \cdot \lambda}{b}$$

(1) ... großer Schirmabstand a

(2) ... kleinerer Spaltabstand b

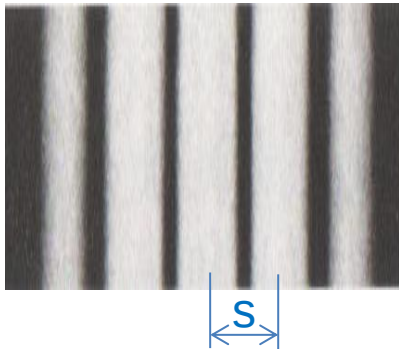
(3) ... mehrere interferierende Lichtwellen

$$s \sim a$$
$$s \sim \frac{1}{b}$$

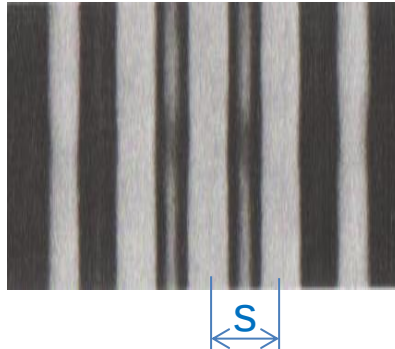
Erhöhung der Spaltanzahl:

(Spaltabstand $b = \text{konstant}$)

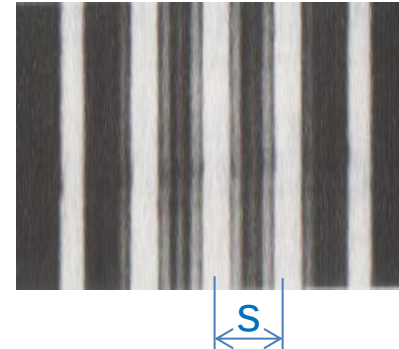
Interferenz
am Doppelspalt



Interferenz
am Dreifachspalt



Interferenz
am Fünffachspalt



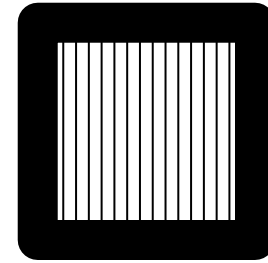
Mit zunehmender Anzahl der Spaltöffnungen nimmt die Schärfe und Helligkeit der Hauptmaxima zu.

Die Lage (Ort/**Abstand**) der Maxima bleibt unverändert.

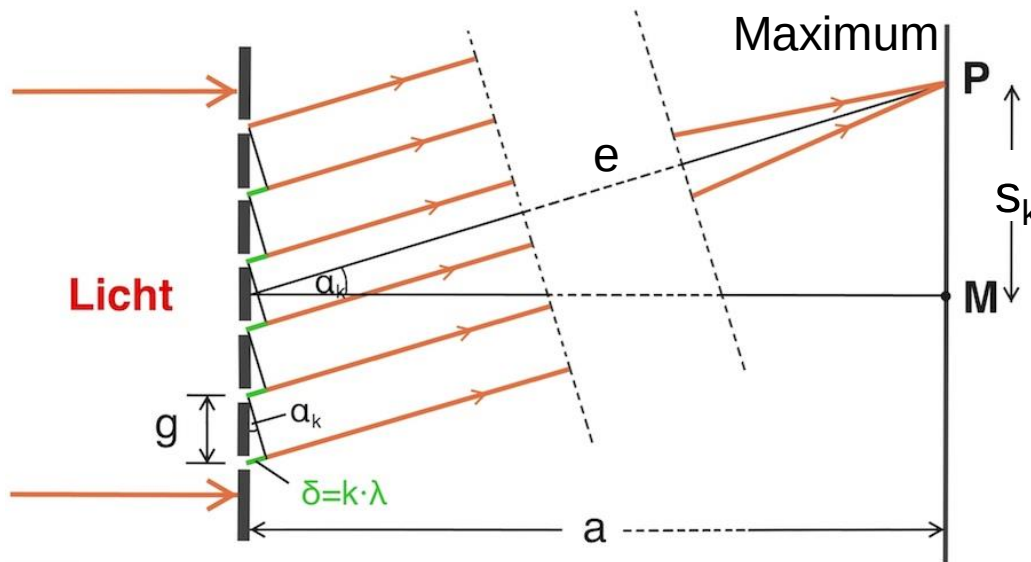
→ Zwischen den Hauptmaxima werden Nebenmaxima sichtbar.

→ Sie entstehen durch Beugung und Interferenz an den Kanten der Spaltöffnungen.

Interferenz am optischen Gitter:



Ein optisches Gitter beschreibt eine Anordnung von sehr vielen parallelen Spaltöffnungen mit gleichem Abstand.



Ein Interferenzmaximum ergibt sich aus der konstruktiven Interferenz sehr vieler Lichtwellen.

Der Spaltabstand wird durch die Gitterkonstante **g** beschrieben.

Die Gitterkonstante **g** ist der reziproke Werte der Anzahl der Spaltöffnungen je Längeneinheit.

$$g = \frac{\text{Breite des Gitters (Längeneinheit)}}{\text{Anzahl der Spaltöffnungen}}$$

Einheit: $[g] = \text{m (mm)}$

Es gelten die selben Gleichungen wie am Doppelspalt !

$$\frac{s_K}{e_K} = \frac{k \cdot \lambda}{g} \approx \frac{s_k}{a}$$