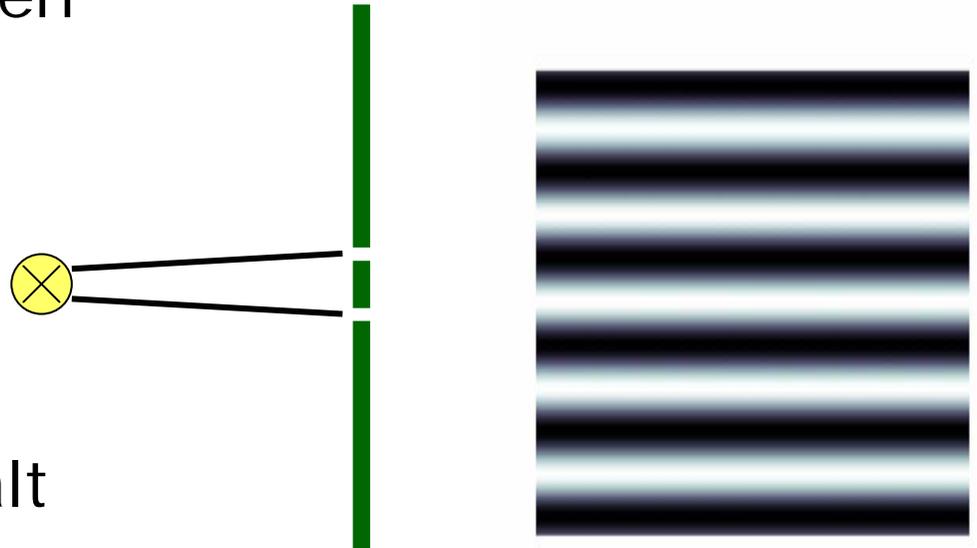


7. Wellenoptik

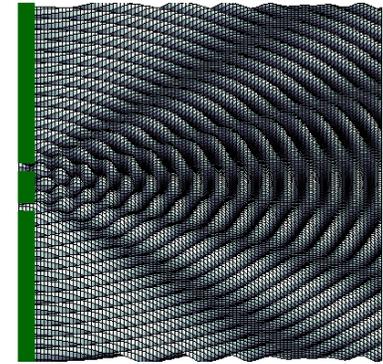
7.1 Beugung am Doppelspalt: Young Interferometer

- 1801: Thomas Young (1773-1829) weist den Wellencharakter von Licht nach.
- Messapparatur Doppelspalt
- Intensitätsverteilung nach dem Doppelspalt mit Strahlentheorie nicht erklärbar.

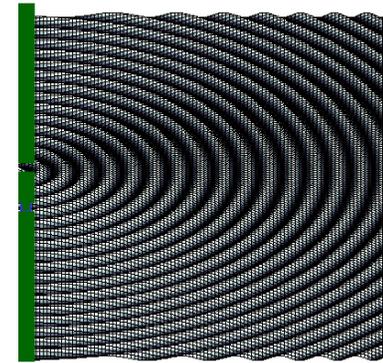


7.1 Beugung am Doppelspalt: Young Interferometer

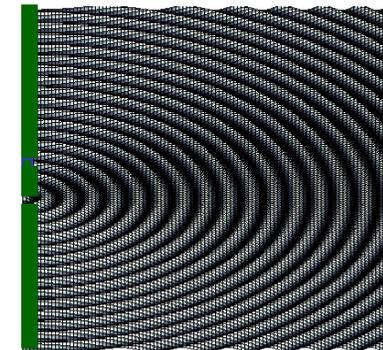
- Annahme: Jeder Spalt ist Ausgangspunkt einer Kugelwelle
 - Huygenssches Prinzip: Jeder von einem Lichtstrahl getroffene Punkt kann als Ausgangspunkt einer Elementarwelle betrachtet werden
- Interferenzbild ist Überlagerung zweier Kugelwellen.



=



+



7.1 Beugung am Doppelspalt

- Erklärung:
- Kugelwellen der 2 Punktquellen überlagern sich im Fernfeld.
- In Intensitätsminima löschen sich die Welle gerade aus

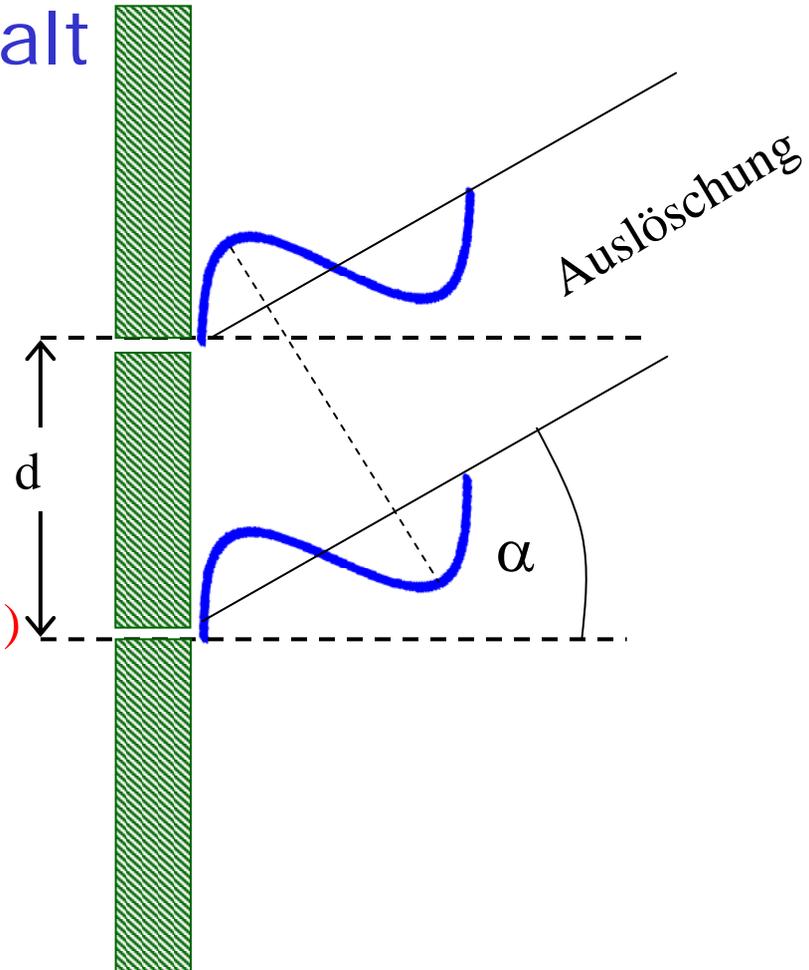
$$\sin(\alpha) = \frac{(2 \cdot n + 1) \cdot \lambda}{2 \cdot d} \quad \forall n \in \mathbb{Z}$$

- In Intensitätsmaxima überlagern sich die Wellen konstruktiv

$$\sin(\alpha) = \frac{n \cdot \lambda}{d} \quad \forall n \in \mathbb{Z}$$

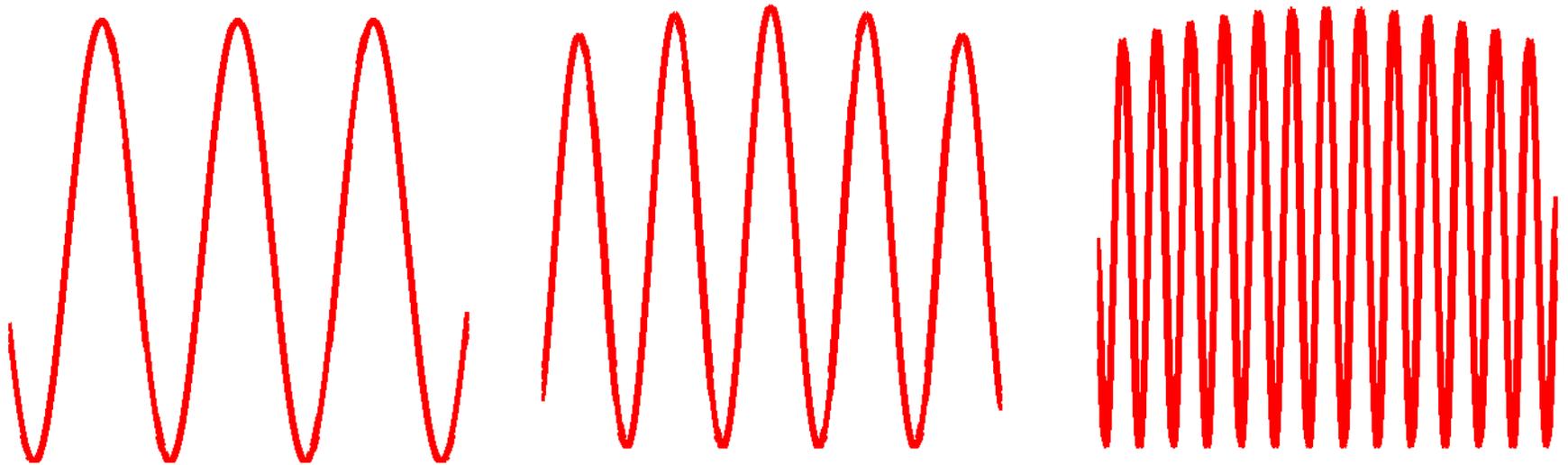
(7.1.1)

(7.1.2)



7.1 Beugung am Doppelspalt

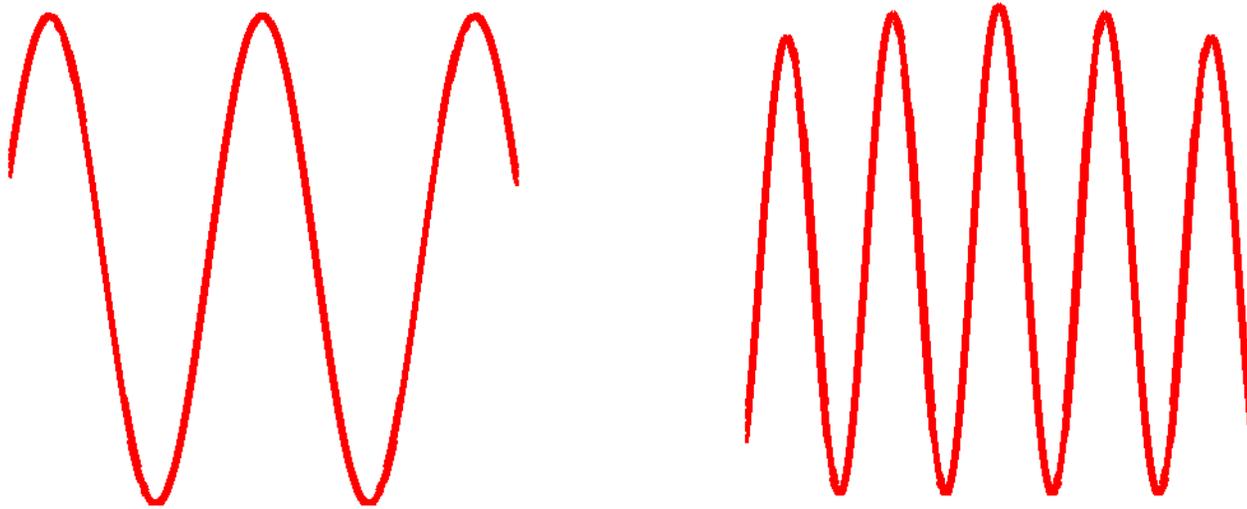
$$d1:d2:d3 = 1:1.414:2$$



- Je größer der Abstand der Spalte desto kleiner der Abstand der Maxima

7.1 Beugung am Doppelspalt

$$\lambda_1 : \lambda_2 = 1 : 2$$

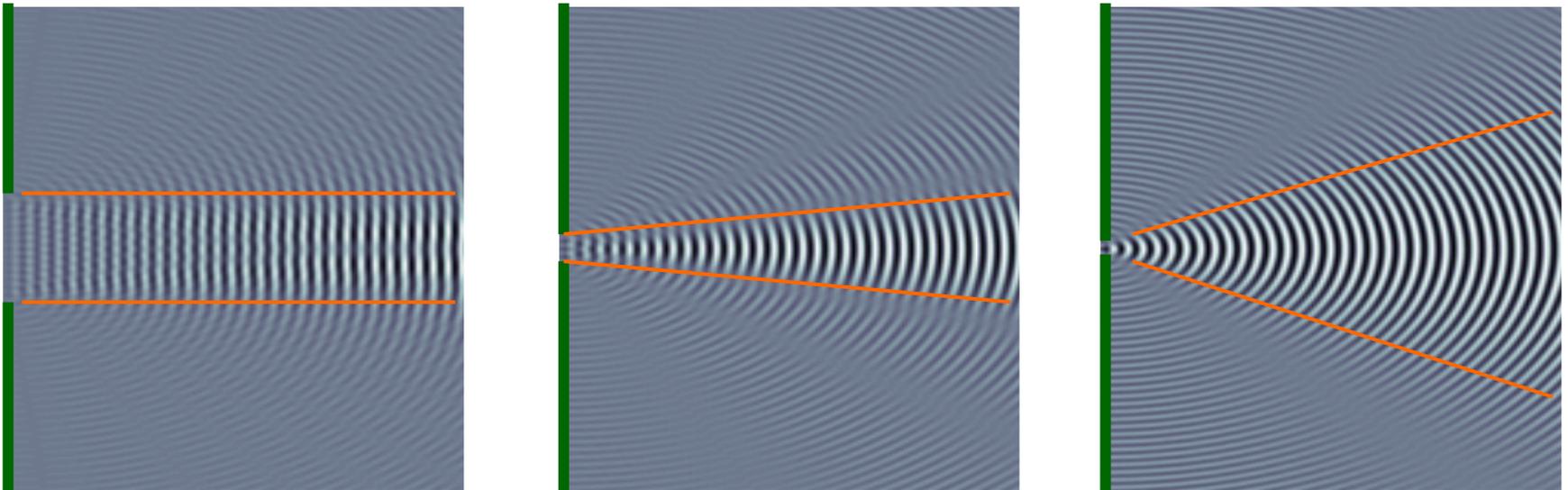


- Je größer die Wellenlänge desto größer der Abstand der Maxima

7.2 Beugung am Spalt

- Beugung am Spalt mit verschiedener Breite d .

$$d_1:d_2:d_3 = 1:0.25:0.1$$

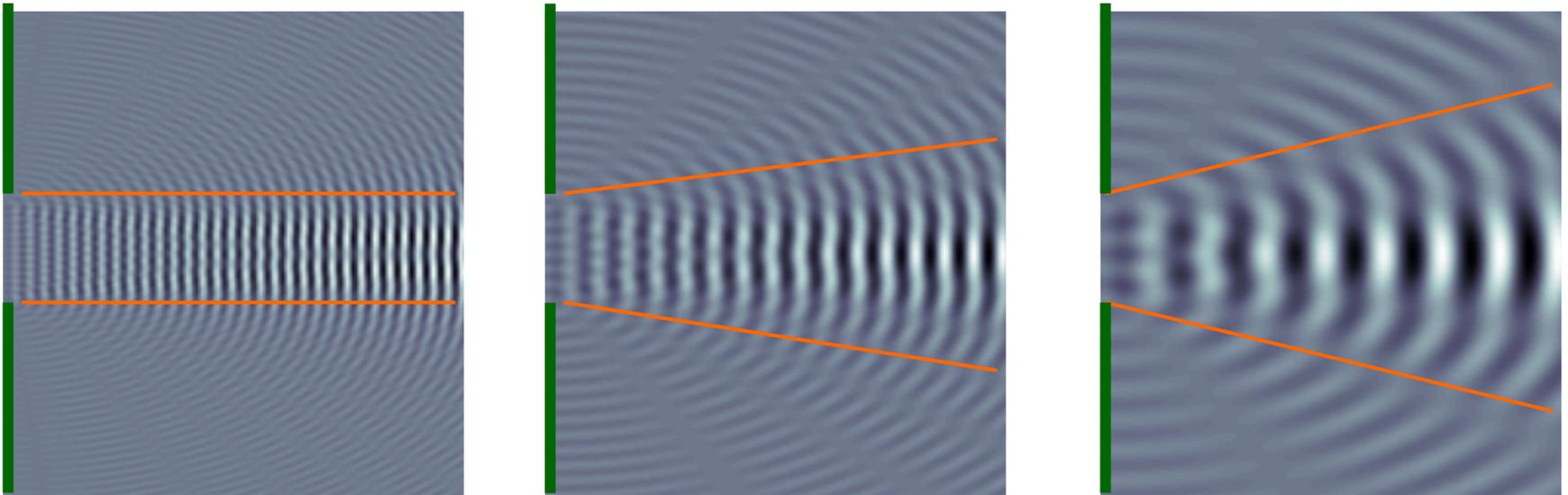


- Je schmaler der Spalt desto stärker wird die Welle gebeugt.

7.2 Beugung am Spalt

- Beugung am Spalt bei verschiedener Wellenlänge λ .

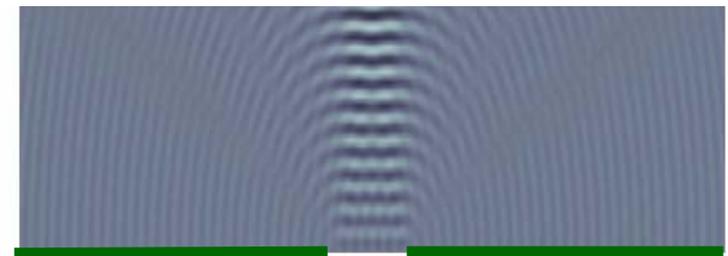
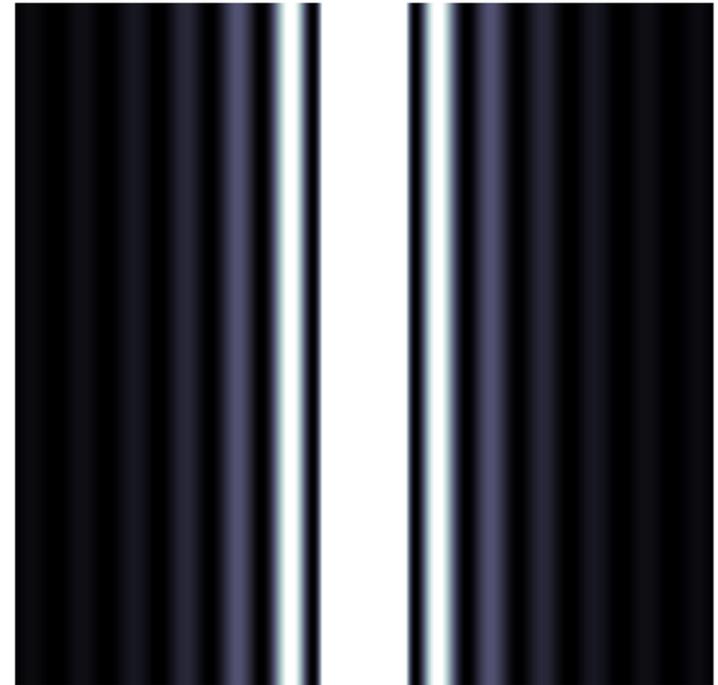
$$\lambda_1:\lambda_2:\lambda_3 = 1:0.5:0.25$$



- Je länger die Wellenlängen desto stärker die die Beugung.

7.2 Beugung am Spalt

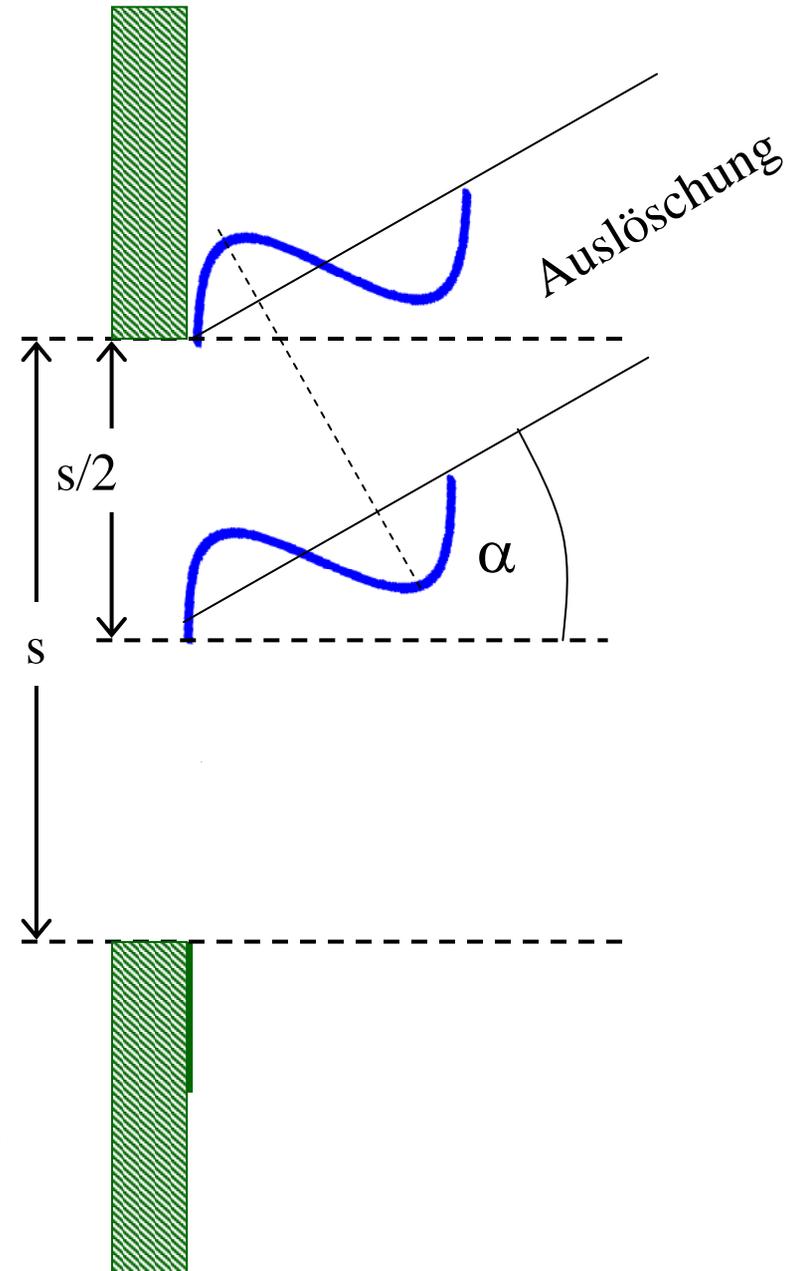
- Beugungsmuster eines Einzelspalts auf Schirm.
- Erkennt Muster aus hellen und dunklen Linien.
- Intensität nimmt mit zunehmenden Abstand zur Mittellinie ab
- Anmerkung: Mittlere Linien stark überbelichtet, damit die Nebenmaxima sichtbar werden.



7.2 Beugung am Spalt

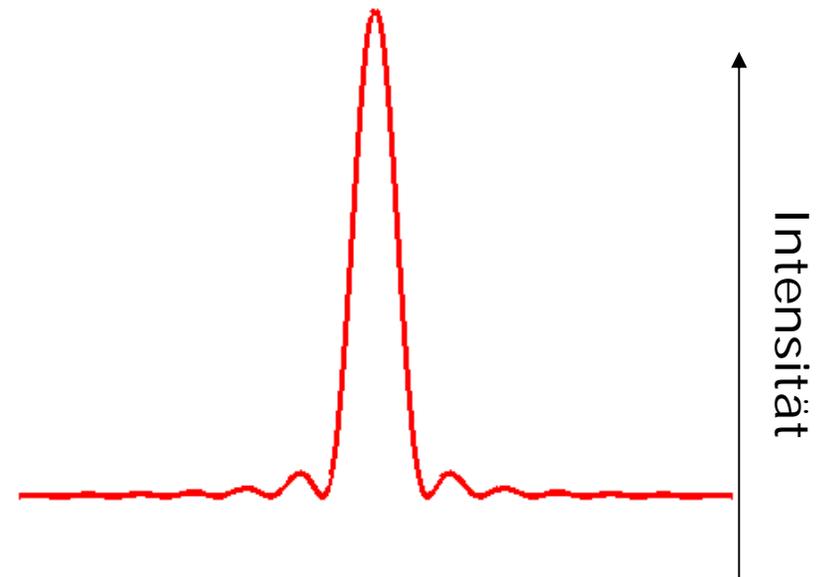
- Erklärung:
- Spalt kann durch eine große Anzahl Punktquellen repräsentiert werden
- Kugelwellen der Punktquellen überlagern sich im Fernfeld.
- In Intensitätsminima löschen sich die Welle gerade paarweise aus

$$\sin(\alpha) = \frac{n \cdot \lambda}{s} \quad \forall n \in \mathbb{Z} \quad (7.2.1)$$



7.2 Beugung am Spalt

- Intensitätsverteilung für Spalt der Breite s (und Höhe h) bei einstrahlender Welle mit der Wellenlänge λ (a und b : Koordinaten auf Schirm relativ Mittelpunkt des Bildes)



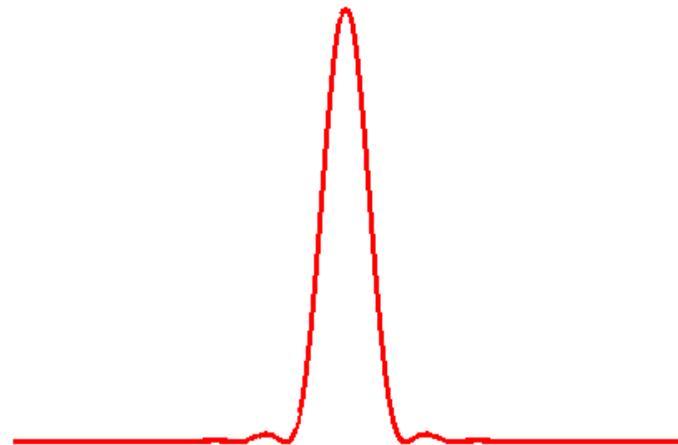
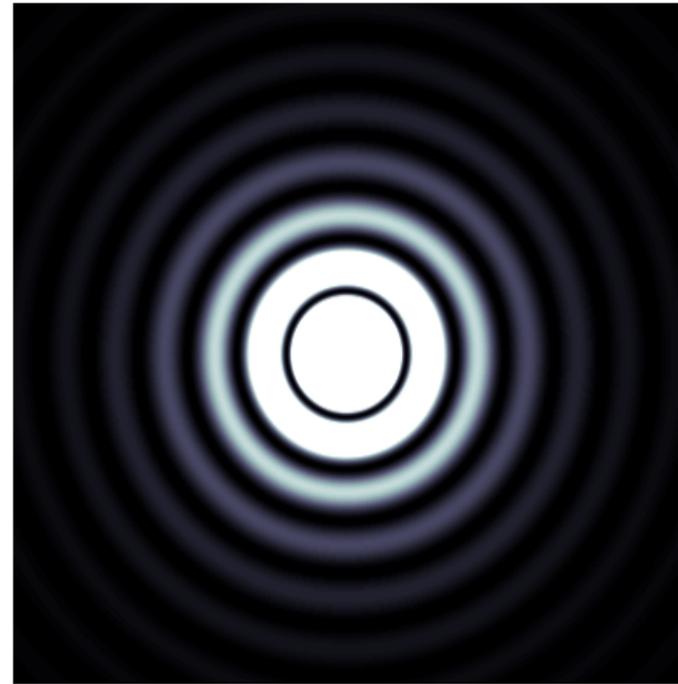
$$J = \left(\frac{s \cdot h}{\lambda} \right)^2 \cdot \left(\frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot a \cdot s}{\lambda}\right)}{\frac{\pi \cdot a \cdot s}{\lambda}} \right)^2 \cdot \left(\frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot b \cdot h}{\lambda}\right)}{\frac{\pi \cdot b \cdot h}{\lambda}} \right)^2$$

für Breite s für Höhe h

(7.2.1)

7.3 Beugung an der

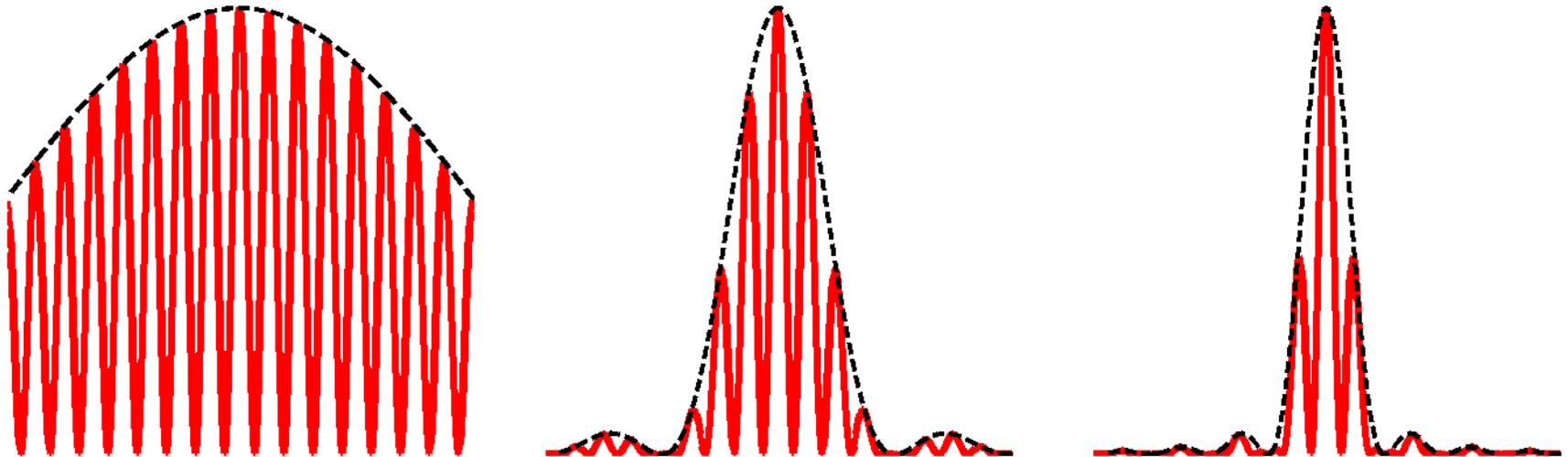
- Für Lochblende ergibt sich auch Beugungsmuster durch Transformation in Kugelkoordinaten
- Minima unter den folgenden Winkel α :
 1. $\alpha = 1,220 \lambda/d$
 2. $\alpha = 2,233 \lambda/d$
 3. $\alpha = 3,238 \lambda/d$
 4. $\alpha = 4,241 \lambda/d$



7.4 Beugung am Doppelspalt (Teil 2)

- Wenn Spalte sehr klein gegen Abstand der Spalte und nicht zu großer Winkel betrachtet wird, dann vernachlässigbar.
- Ansonsten Doppelspalt Überlagerung von Intensitätsverlauf von Einzelspalt und Doppelspalt.

$$s_1:s_2:s_3 = 1:5:10$$



- Beachte: Maxima des Doppelspalts können durch Minima des Spalts ausgelöscht werden (mitte $s/d=1/4$)

7.4 Beugung am Gitter

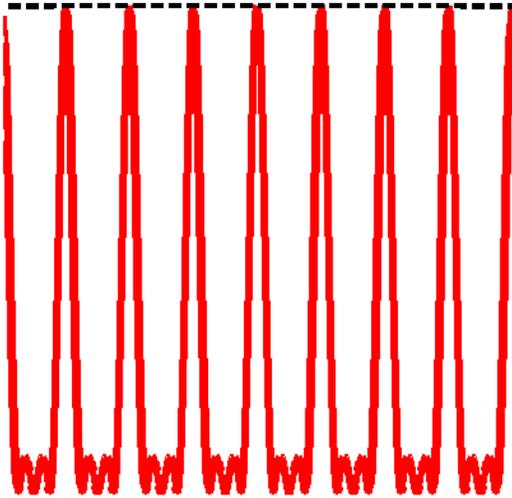
- Entsprechend dem am Spalt Überlagerung von Intensitätsverlauf von Einzelspalt und Gitterspezifischer Funktion (m: Anzahl der Spalte, d: Abstand der Spalte, s: Breite des Spalts, h: Höhe des Spalts)

$$J = \left(\frac{d^2 \cdot h}{\lambda} \right) \cdot \underbrace{\left(\frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot a \cdot s}{\lambda}\right)}{\frac{\pi \cdot a \cdot s}{\lambda}} \right)^2}_{\text{Einzelspalt}} \cdot \underbrace{\left(\frac{\sin\left(\frac{m \cdot \pi \cdot a \cdot d}{\lambda}\right)}{\sin\left(\frac{\pi \cdot a \cdot d}{\lambda}\right)} \right)^2}_{\text{Gitter}} \quad (7.4.1)$$

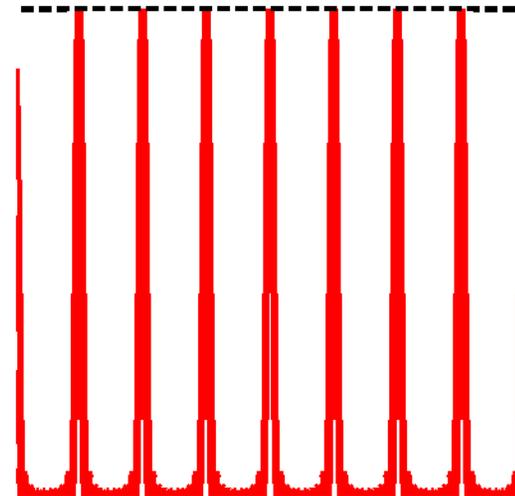
7.4 Beugung am Gitter

$$J \sim \left(\frac{\sin\left(\frac{m \cdot \pi \cdot a \cdot d}{\lambda}\right)}{\sin\left(\frac{\pi \cdot a \cdot d}{\lambda}\right)} \right)^2$$

m:d = 4:20



m:d = 10:20



Hauptmaxima

$$a = \frac{\lambda}{d} \cdot n$$

Nebenmaxima

$$a = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{n}{m}$$

Anzahl der Nebenmaxima hängt von Spaltzahl ab