



## Lösung

1 Plexiglas hat einen Brechungsindex von  $n_{\text{Plexiglas}} = 1,49$ . Bei Wasser beträgt der Wert  $n_{\text{Wasser}} = 1,33$ .

a) Im Vakuum trifft ein Lichtstrahl unter dem Einfallswinkel  $45^\circ$  auf einen Plexiglaskörper. Berechnen Sie den Ausfallswinkel, unter dem das Licht in den Plexiglaskörper eindringt.

Nach dem Snelliusschen Brechungsgesetz gilt  $\frac{\sin \alpha_{\text{Vakuum}}}{\sin \beta_{\text{Plexiglas}}} = n_{\text{Plexiglas}}$ .

Damit kann man den gesuchten Winkel  $\beta$  berechnen:

$$\sin \beta_{\text{Plexiglas}} = \frac{\sin \alpha_{\text{Vakuum}}}{n_{\text{Plexiglas}}} = \frac{\sin 45^\circ}{1,49} = 0,475 \rightarrow \beta_{\text{Plexiglas}} = \arcsin 0,475 = 28,3^\circ$$

Im Plexiglas verläuft also der Lichtstrahl unter dem Winkel  $28,3^\circ$  zum Einfallslot.

b) Ein Plexiglasstück liegt im Wasser. Ein Lichtstrahl trifft im Wasser verlaufend schräg auf die Grenzfläche zum Plexiglas. Geben Sie mit Begründung an, ob das Licht zum Einfallslot hin oder weg gebrochen wird.

*Je optisch dichter ein Stoff ist, desto größer ist sein Brechungsindex.*

*Fällt Licht vom optisch dünneren ins optisch dichtere Medium, so wird es zum Einfallslot hin gebrochen, beim Übertritt vom optisch dichteren ins optisch dünnere Medium wird es vom Einfallslot weg gebrochen.*

*Wasser ist entsprechend den gegebenen Werten optisch dünner als Plexiglas. Das Licht wird deshalb beim Übergang vom Wasser ins Plexiglas zum Einfallslot hin gebrochen.*

2 Rotes Laserlicht der Wellenlänge  $632,9\text{nm}$  fällt durch einen Spalt unbekannter Breite. Man kann feststellen, wo das 4. Nebenminimum liegt. Das 5. Nebenminimum ist aber nicht sichtbar. Berechnen Sie ein Intervall, das angibt, wie groß die Breite des Spalts sein kann.

*Da der Gangunterschied der Randstrahlen für die Nebenmaxima ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge ist, folgt für die Winkel zu den Nebenmaxima:  $\sin \alpha_n = \frac{n \cdot \lambda}{b}$ . Der Wert für  $\sin \alpha_n$  existiert nur, wenn der Wert des Bruches nicht größer als 1 ist. Die Ränder des Intervalls erhält man also, wenn man den Wert des Bruchs gleich 1 setzt:  $\frac{n \cdot \lambda}{b} = 1 \rightarrow b = n \cdot \lambda$ .*

*Einsetzen der Werte für  $n=4$  und  $n=5$ :*

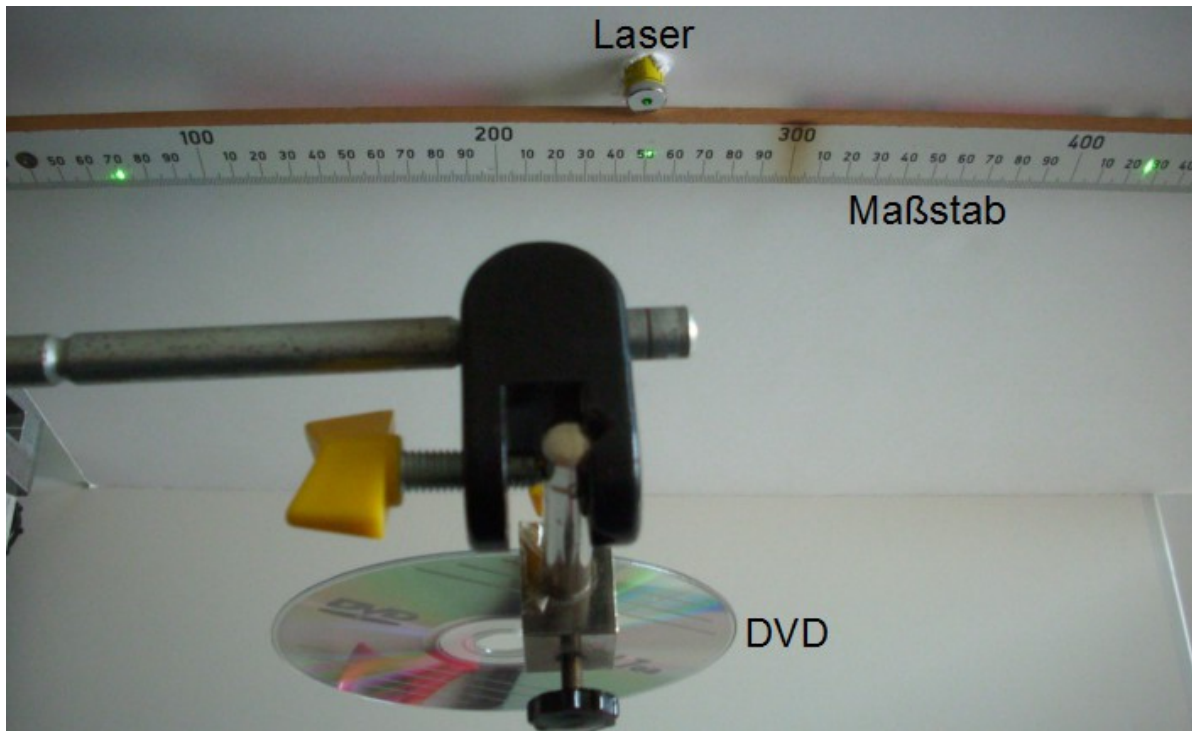
$$b_4 = 4 \cdot 632,9\text{nm} = 2531,6\text{nm} ; b_5 = 5 \cdot 632,9\text{nm} = 3164,5\text{nm}$$

*Der Spalt hat also eine Breite zwischen  $2532\text{nm}$  und  $3164\text{nm}$ , ist also etwa  $3\mu\text{m}$  breit.*

- 3 Mit einem grünen Laser ( $\lambda = 532 \text{ nm}$ ) soll der Spurbstand einer DVD ermittelt werden. Der Maßstab ist 20 cm von der DVD entfernt.

Fertigen Sie 2 Skizzen an zum Strahlverlauf zwischen DVD und Maßstab und für den Strahlverlauf in unmittelbarer Nähe der DVD.

Leiten Sie mit Bezug auf die Skizzen die erforderlichen Gleichungen zur Berechnung des Spurbstandes her und berechnen Sie den Spurbstand.



links:  $\sin \alpha = \frac{n \cdot \lambda}{g}$

rechts:  $\tan \alpha = \frac{x}{a}$

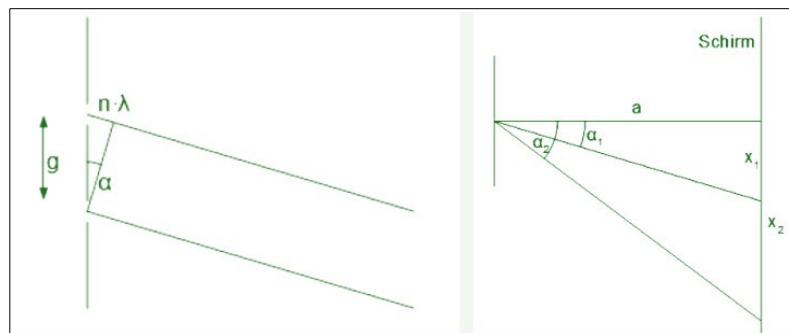
Durch Kombination der Formeln kann man den Abstand zwischen 2 Spalten, also den Spurbstand, bestimmen:

$$g = \frac{n \cdot \lambda}{\sin \alpha} = \frac{n \cdot \lambda}{\sin \left( \arctan \left( \frac{x}{a} \right) \right)}$$

Der Wert für  $x$  ergibt sich aus dem Foto zu etwa 178 mm ( $250 - 71 = 179$ ;  $427 - 250 = 177$ ).

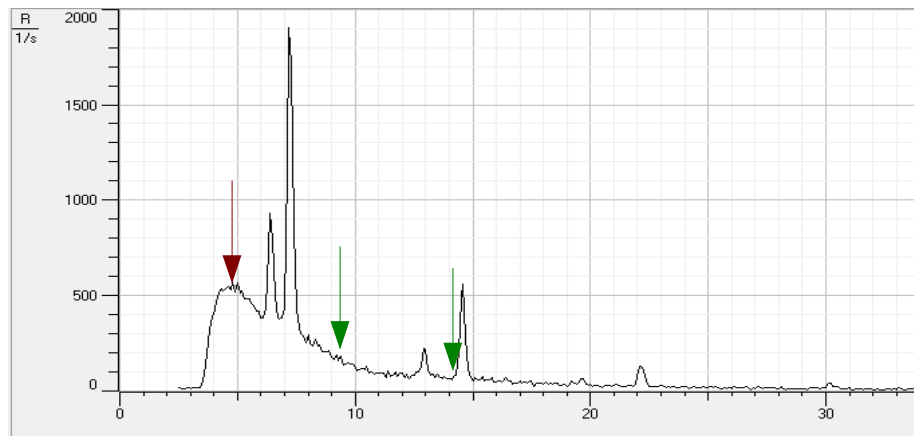
Daraus folgt:  $g = \frac{1 \cdot 532 \text{ nm}}{\sin \left( \arctan \left( \frac{178}{200} \right) \right)} = 800 \text{ nm}$

Der Spurbstand bei einer DVD beträgt also etwa 800 nm (Literaturwert: 740 nm).



4 Wir haben im Unterricht besprochen, dass bei den Peaks des charakteristischen Spektrums verschiedene Nebenmaxima zu sehen sind.

Geben Sie mit Begründung an, ob auch beim Bremspektrum



weitere Nebenmaxima im abgebildeten Bereich vorhanden sind.

Falls das der Fall sein sollte, zeichnen Sie die im 1. Nebenmaximum durch einen Pfeil gekennzeichnete Stelle durch entsprechende Pfeile bei den anderen Nebenmaxima möglichst genau ein.

*Grundsätzlich gibt es für jede Wellenlänge Nebenmaxima, also auch für die Wellenlängen des Bremspektrums. Man erkennt am charakteristischen Spektrum, dass das n-te Nebenmaximum etwa beim n-fachen Winkel des 1. Nebenmaximums zu finden ist:  $6,5^\circ$ - $13,0^\circ$ - $19,5^\circ$ ;  $7,2^\circ$ - $14,6^\circ$ - $22,2^\circ$ . Der Pfeil ist etwa bei  $4,7^\circ$  eingezeichnet. Das 2. und 3. Nebenmaximum müssten deshalb bei  $9,4^\circ$  und  $14,1^\circ$  zu finden sein. Da die Intensität sehr stark bei den Nebenmaxima abnimmt, sind bei der vorliegenden Auflösung des Spektrums die Nebenmaxima der Bremsstrahlung nicht eindeutig zu erkennen.*

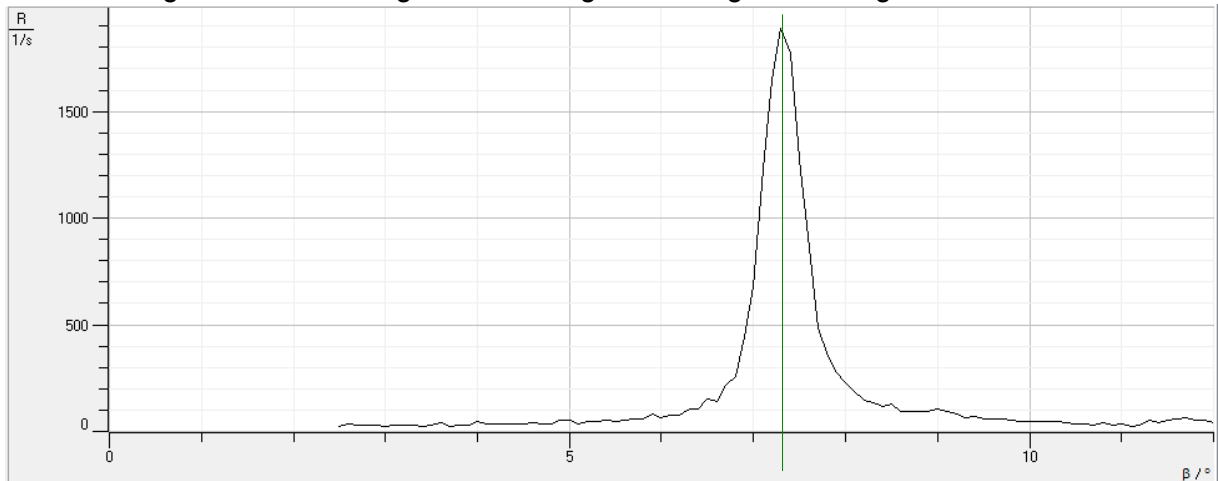
5 In der Abbildung zu Aufgabe 4 ist bei  $13^\circ$  ein kleiner Peak zu sehen. Berechnen Sie die zu diesem Peak gehörende Wellenlänge der Röntgenstrahlung. Der Netzebenenabstand eines NaCl-Kristalls beträgt  $d=2,82 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ .

*Der Peak gehört zum 2. Nebenmaximum ( $n=2$ ).*

*Zur Berechnung kann man die Bragg-Gleichung benutzen:  $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \alpha \rightarrow \lambda = \frac{2 \cdot d \cdot \sin \alpha}{n} \rightarrow$*

$$\lambda = \frac{2 \cdot 2,82 \cdot 10^{-10} \text{ m} \cdot \sin 13^\circ}{2} = 6,34 \cdot 10^{-11} \text{ m} = 63,4 \text{ pm}$$

- 6 Im Röntgengerät wird die Ausrichtung des Zählrohres auf einen bestimmten Winkel  $\alpha$  fest eingestellt.  
Zur Messung wird der Kristall gedreht. Es ergibt sich folgendes Diagramm:



Der waagrecht abgetragene Winkel  $\beta$  gibt die Neigung des Kristalls an.

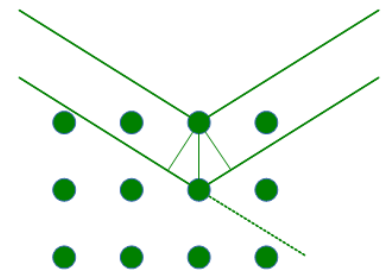
- a) Vervollständigen Sie nebenstehende Skizze eines Atomgitters und erläutern Sie das Zustandekommen des Messergebnisses.



*In die obere Skizze sind die Details eingetragen, die zum Maximum führen. Der Gangunterschied der Strahlen muss  $\lambda$  betragen, damit die Strahlen konstruktiv interferieren.*

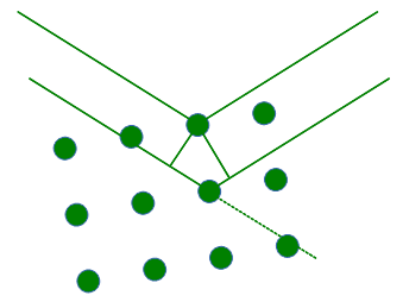
*In der unteren Skizze ist der Kristall gedreht. Der Gangunterschied hat sich geändert und eine maximale Verstärkung der Intensität findet nicht statt.*

*Nur, wenn Einfallswinkel und Ausfallswinkel gleich sind, ergibt sich maximale Intensität.*



- b) Berechnen Sie den Winkel  $\alpha$  (Zählrohrwinkel).

*Wenn  $\beta=7,3^\circ$  der Neigungswinkel des Kristalls ist, gilt wegen Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel, dass der Ablenkwinkel  $2 \cdot \beta$  beträgt. Das ist auch der Zählrohrwinkel  $\alpha$ . Daraus folgt:  
 $\alpha=2 \cdot \beta=2 \cdot 7,3^\circ=14,6^\circ$*



Viel Erfolg bei der Bearbeitung der Aufgaben!