

### 3.7 Aufgabe: Schatten und Typen von Licht

Kernschatten		Halbschatten
vor dem PKW stehende Person	Sonnen/Mondfinsternis	Flutlicht (Stadion)
Bühnenspot	Auto unter Laternen	
Projektor		

divergent	konvergent	diffus	parallel
Sonne Glühbirne Leuchtstoffröhre (Linienquelle) Taschenlampe Profiler	Bühnenbeleuchtung mit Linse (via Parabolspiegel) Kameraobjektiv Auge	Sonnenlicht im Nebel Sonnenreflektion auf Wasser	Laser Retroreflektor

### 3.8 Reflexionsgesetz

Experiment:

- Eine Lampe wird auf einen Spiegel gerichtet, sodass ihr Lichtstrahl zusehen ist
- Der Lichtstrahl fällt auf den Spiegel in einem Winkel ein und in einem anderen wieder aus

Herleitung des Reflexionsgesetzes

$$L = \int ds \cdot n = \overline{P_1 O P_1'} = L_1 + L_1'$$

$$= s_1 \cdot n_1 + s_1' \cdot n_1 = n_1 \cdot (s_1 + s_1')$$

$$s_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + y_1^2}$$

$$s_1' = \sqrt{(x_1' - x)^2 + y_1'^2}$$

$$\sin(\alpha_1) = \frac{x - x_1}{s_1}$$

$$\sin(\alpha_1') = \frac{x_1' - x}{s_1'}$$

## Fermatsches Prinzip

1)

$$\begin{aligned}\frac{dL}{dx} &= 0 \\ \frac{dL}{dx} &= n_1 \cdot \left( \frac{ds_1}{dx} + \frac{ds_1'}{dx} \right) = \frac{2 \cdot (x - x_1)}{2 \cdot \sqrt{(x - x_1)^2 + y_1^2}} + \frac{2 \cdot (x_1' - x) \cdot (-1)}{2 \cdot \sqrt{(x_1' - x)^2 + y_1'^2}} \\ &= n_1 \cdot \left( \frac{x - x_1}{s_1} - \frac{x_1' - x}{s_1'} \right)\end{aligned}$$

2)

$$\begin{aligned}0 &= \frac{dL}{dx} = n_1 \cdot \left( \frac{x - x_1}{s_1} - \frac{x_1' - x}{s_1'} \right) = n_1 \cdot (\sin(\alpha_1) - \sin(\alpha_1')) \\ \xrightarrow{n_1 \neq 0} 0 &= \sin(\alpha_1) - \sin(\alpha_1') \Rightarrow \sin(\alpha_1) = \sin(\alpha_1') \\ \xrightarrow{\alpha_1 = 90^\circ} &\alpha_1 = \alpha_1'\end{aligned}$$

Reflexionsgesetz: Einfallswinkel ist gleich Reflexionswinkel

## 3.9 Brechungsgesetz

Präsenzaufgabe: Herleitung des Brechungsgesetzes

$$\begin{aligned}L_B &= L_1 + L_2 \\ &= s_1 \cdot n_1 + s_2 \cdot n_2\end{aligned}$$

$$s_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + y_1^2}$$

$$s_2 = \sqrt{(x_2 - x)^2 + y_2^2}$$

$$\sin(\alpha_1) = \frac{x - x_1}{s_1}$$

$$\sin(\alpha_1') = \frac{x_2 - x}{s_2}$$

$$\frac{dL_B}{dx} = n_1 \cdot \left( \frac{ds_1}{dx} + \frac{ds_2}{dx} \right) = \frac{2 \cdot (x - x_1)}{2 \cdot \sqrt{(x - x_1)^2 + y_1^2}} + \frac{2 \cdot (x_2 - x) \cdot (-1)}{2 \cdot \sqrt{(x_2 - x)^2 + y_2^2}}$$

$$= n_1 \cdot \left( \frac{x - x_1}{s_1} - \frac{x_2 - x}{s_2} \right) = n_1 \cdot \sin(\alpha_1) - n_2 \cdot \sin(\alpha_2)$$

$$\Rightarrow n_1 \cdot \sin(\alpha_1) = n_2 \cdot \sin(\alpha_2)$$

### 3.10 Totalreflexion

Experiment:

- Ein Lichtstrahl wird auf einen Glasquader geworfen
- Er wird zum Lot hin gebrochen und trifft den Rand des Quaders, wo er reflektiert wird
- beim Austritt aus dem Quader wird er vom Lot weg erneut gebrochen

Folge aus dem Brechungsgesetz:

Vom dicken Medium zum Dünnen:

$$n_1 > n_2 \Rightarrow \alpha_2 > \alpha_1 : \text{Grenzfall } \alpha_2 = 90^\circ$$

streifender Einfall in das dünnere Medium  $n_2$

hier:

$$n_1 \cdot \sin(\alpha_T) = n_2 \cdot \sin(90^\circ) = n_2$$
$$\Rightarrow \sin(\alpha_T) = \frac{n_2}{n_1}$$

Für Winkel  $\alpha > \alpha_T$  : Totalreflexion des einfallenden Lichtes, kein Eindringen in Medium ( $n_2$ )

Beispiele:

- 1) heiße Luftschichten, Fata Morgana
- 2) Glas-Luft:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{1,5} = \frac{1}{\frac{3}{2}} = \frac{2}{3} = \sin(\alpha_T)$$
$$\arcsin\left(\frac{2}{3}\right) = 42^\circ$$

- 3) Präsenzaufgabe 2: Unter welchem Winkel sieht ein Taucher die untergehende Sonne?

Anm.:  $(n_w) = \frac{4}{3}$

$$\frac{1}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{4} = \sin(\alpha_T) \Rightarrow \alpha_T = 48,6^\circ$$

Anwendungen:

- 1) Lichtleiter (Medizintechnik, IT, Messtechnik)
- 2) Brillanten
- 3) Tautropfen
- 4) „Sektperlen“

*3.11 Polaritäten ( → 3D Projektionen) (optionales Thema, bei Interesse selbst informieren)*