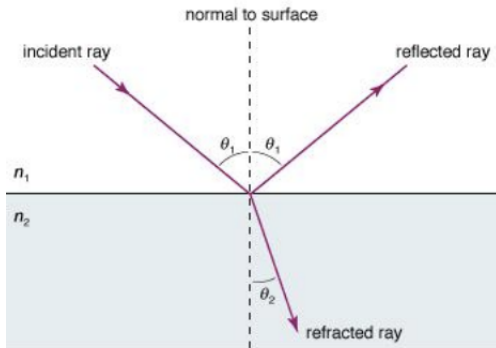
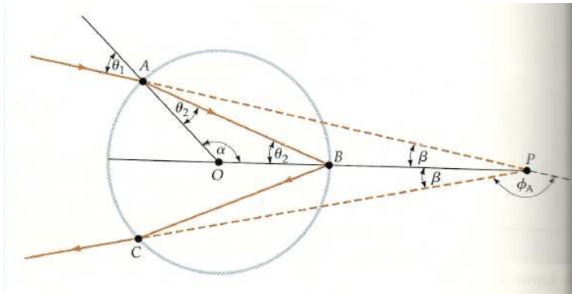


## Physikalischer Input: Reflexions- und Brechungsgesetz:



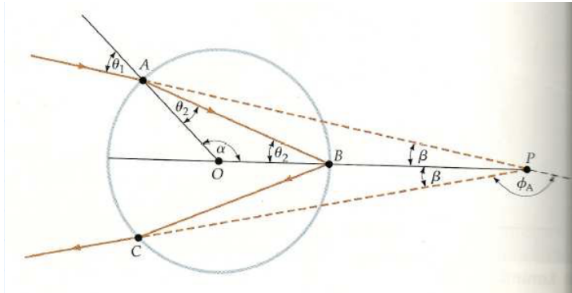
© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

- ▶  $n_1 \sin \Theta_1 = n_2 \sin \Theta_2$
- ▶  $n_{\text{Luft}} = 1$ ,  $n_{\text{Wasser}} \approx 1,33$ ,  $n_{\text{Wasser}}$  ist wellenlängenabhängig:  
rotes Licht:  $n = 1,332$ , violettes Licht:  $n = 1,344$
- ▶ Die **Wellenlängenabhängigkeit** führt zur **Aufspaltung in Farben**,  
aber **wie entsteht ein Regenbogen?**



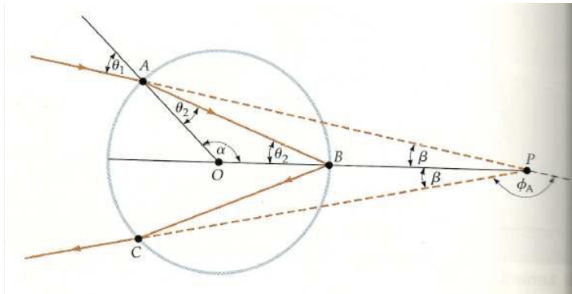
[Bild aus Paul A. Tipler, Physik]

- **Brechungsgesetz:** Beim Eintritt eines Lichtstrahls in den Tropfen unter einem Winkel  $\Theta_1$  kommt es zu einer **Brechung zum Lot** entsprechend  $\sin(\Theta_1) = n(\lambda) \sin(\Theta_2)$ , d.h.  $\Theta_2 = \arcsin(\sin(\Theta_1)/n(\lambda))$ , der **Strahl** wird also insgesamt um einen Winkel  $\Theta_1 - \Theta_2 = \Theta_1 - \arcsin(\sin(\Theta_1)/n(\lambda))$  **im Uhrzeigersinn gedreht**.



[Bild aus Paul A. Tipler, Physik]

- **Reflexionsgesetz:** Bei einer **Reflexion im Inneren** des Tropfens wird der **Strahl** um den Winkel  $\pi - 2\theta_2 = \pi - 2 \arcsin(\sin(\theta_1)/n(\lambda))$  **im Uhrzeigersinn** gedreht. Dies gilt auch für jede weitere Reflexion, da sich der Einfallswinkel bei mehrfachen Reflexionen innerhalb des Tropfens nicht ändert.



[Bild aus Paul A. Tipler, Physik]

- **Brechungsgesetz:** Beim Austritt aus dem Tropfen kommt es zu einer **Brechung vom Lot**, dabei wird der Strahl erneut um den Winkel  $\Theta_1 - \arcsin(\sin(\Theta_1)/n(\lambda))$  im Uhrzeigersinn gedreht.

Insgesamt kommt es also zu einer **Drehung des Strahls** um einen Winkel

$$\phi = 2(\Theta_1 - \arcsin(\sin(\Theta_1)/n(\lambda))) + \pi - 2 \arcsin(\sin(\Theta_1)/n(\lambda)).$$

Wird der Strahl vor dem Austritt aus dem Tropfen nicht nur einmal, sondern  $k$  mal reflektiert, dann ist die Winkeländerung

$$\phi_k = 2(\Theta_1 - \arcsin(\sin(\Theta_1)/n(\lambda))) + k(\pi - 2 \arcsin(\sin(\Theta_1)/n(\lambda)))$$

Damit wir einen Regenbogen sehen können, muss es zu einer **Verdichtung der austretenden Strahlen** kommen, d.h. wir suchen nach **Extremstellen** der Abbildung  $\Theta_1 \mapsto \phi_k(\Theta_1)$ :

$$\phi'_k(\Theta_1) = 0 \Leftrightarrow 2 \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(\sin \Theta_1)^2}{n(\lambda)^2}}} \frac{\cos \Theta_1}{n(\lambda)} \right) - \frac{2k}{\sqrt{1 - \frac{(\sin \Theta_1)^2}{n(\lambda)^2}}} \frac{\cos \Theta_1}{n(\lambda)} = 0$$

$$\Theta_1 = \arcsin \left( \sqrt{\frac{(k+1)^2 - n(\lambda)^2}{(k+1)^2 - 1}} \right)$$

$k = 1$  : Primärregenbogen,  $k = 2$  : Sekundärregenbogen usw.