

## 2.1 Lichtwellenleiter/Wie funktioniert ein Lichtwellenleiter?

### 2.1.1 Was ist Licht?

- Modell 1: Licht besteht aus Lichtstrahlen, die sich in homogenen Stoffen geradlinig ausbreiten. Dieses Modell beschreibt Reflexion (Spiegel) und Brechung.
- Modell 2a: Licht besteht aus elektromagnetischen Wellen, vergleichbar mit Radiowellen (siehe: Spektrum der elektromagnetischen Wellen). Dieses Modell beschreibt Beugung und Überlagerung.
- Modell 2b: Licht (und alle anderen elektromagnetischen Wellen) hat (haben) Teilchencharakter (Photonen). Dieses Modell erklärt Effekte von Emission und Absorption von Licht, ebenso Phosphoreszenz und Fluoreszenz.
- Modell 1 reicht für viele Anwendungen aus.
- Modell 2a und 2b sind beide notwendig zur Erklärung der bekannten Eigenschaften des Lichts.

### 2.1.2 Reflexion

- Wie breiten sich Lichtstrahlen aus?
- Licht breitet sich im Vakuum geradlinig aus (Einschränkung: Raumkrümmung bewirkt den Eindruck, dass Photonen von Masse angezogen werden und so auf gekrümmten Bahnen fliegen.)
- Breitet sich Licht überall geradlinig aus?
- Außerdem gibt es an Grenzflächen die Effekte Reflexion und Brechung: Richtungsänderung an einer Fläche
- Einfacher: Reflexion — der Lichtstrahl tritt nicht durch die Fläche
- Welche Gesetzmäßigkeit gibt es dazu?
- Reflexionsgesetz: Einfallswinkel = Ausfallwinkel

### 2.1.3 Brechung 1 - von Luft nach Wasser

- Schwieriger: Brechung — der Lichtstrahl tritt durch die Fläche hindurch, ändert aber seine Richtung
- oben - Luft: Material mit größerem Winkel (vom Lot): optisch dünner
- unten - Glas: Material mit kleinerem Winkel (vom Lot): optisch dichter
- Welche Gesetzmäßigkeit gibt es hier?
- Zunächst annähernd linear:  $\beta_L = 1,5\alpha_W$
- Bei größeren Winkeln Abweichung von der Linearität, Annäherung an einen Maximalwinkel.

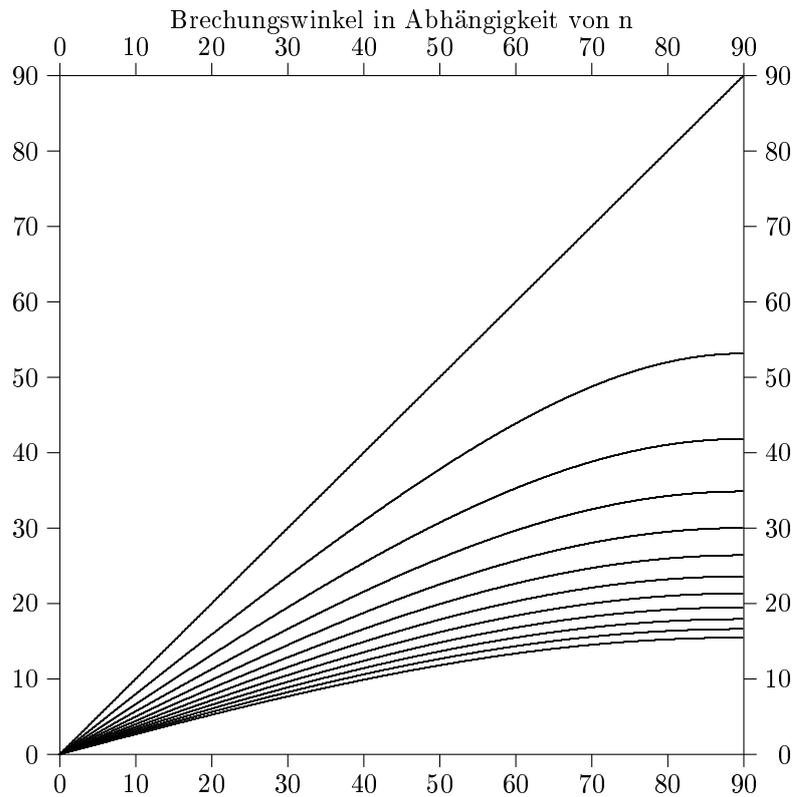


Abbildung 1: Lichtbrechung vom optisch dünneren ins optisch dichtere Material

#### 2.1.4 Brechungsgesetz

- Lösung des Problems: Snellius-Formel
- $S_\alpha = 1,5 \cdot S_\beta$
- $\frac{S_\alpha}{S_\beta} = \frac{1,5}{1}$
- 1,5 heißt die Brechzahl  $n$  der Kombination Luft/Glas.
- Glas ist also 1,5 mal optisch dichter als Luft.
- Welche Ursache hat das?
- Licht breitet sich in Glas 1,5 mal langsamer aus als in Luft:
- $c_0 = 1,5 \cdot c_{Glas}$
- $\frac{c_0}{c_{Glas}} = \frac{1,5}{1}$ .
- Brechungsindex:  $n_{Glas} = c_0/c_{Glas}$
- Allgemeines Brechungsgesetz:  $\frac{S_\alpha}{S_\beta} = \frac{n_\beta}{n_\alpha}$
- Statt der Halb-Sehnen: sin-Funktion:  $\sin = G/H$
- $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_\beta}{n_\alpha}$

Tabelle 1: Brechungsindizes verschiedener Materialien

Material	Brechungsindex
Vakuum	1
Luft	1,003
Wasser	1,33
Glas	1,5
Diamant	2,4

### 2.1.5 Brechung 2 - von Wasser nach Luft

- Gibt es auch im umgekehrten Fall Brechung?
- Ergebnis: Auch bei Brechung vom optisch dichteren zum optisch dünneren Material tritt Brechung auf.
- Gilt auch hier das Brechungsgesetz?
- Ergebnis: Auch bei Brechung vom dichteren zum dünne gilt das Brechungsgesetz von Snellius.

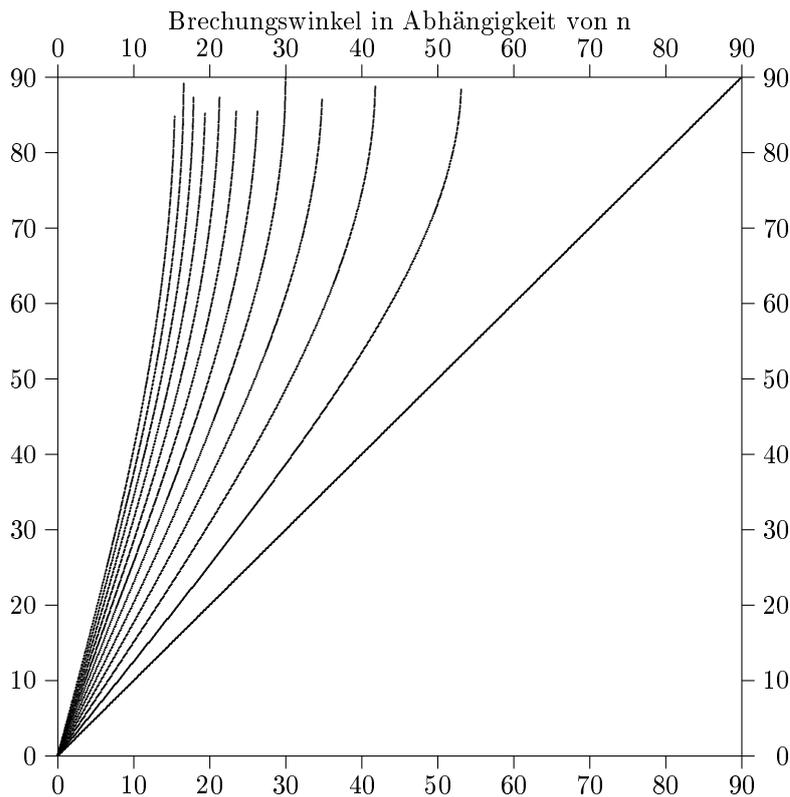


Abbildung 2: Lichtbrechung vom optisch dichteren ins optisch dünnere Material

### 2.1.6 Totalreflexion

- Was passiert jenseits eines Maximalwinkels?
- Ergebnis: Reflexion, aber keine Brechung mehr

- Warum ist *das* so interessant?
- Totalreflexion: 100 Prozent der Lichtenergie wird reflektiert (= bleibt erhalten!) - außer dem Teil, der absorbiert wird.
- Darunter: Strahlteilung: Ein Teil der Energie geht verloren.
- Wann kann TR auftreten?
- Vorauss.1: Winkel groß genug.
- Vorauss.2: Übergang dicht nach dünn (!)
- Grenzwinkel der TR:  $\beta = 90^\circ$
- Grenzwinkel der TR:  $S_\beta = \sin \beta = 1$ ;
- Grenzwinkel der TR:  $S_\alpha = \sin \alpha = 1/1,33 = 0,75$
- Grenzwinkel der TR:  $\alpha = \arcsin 0,75 = 48,6^\circ$
- Allgemein:  $\sin \alpha_T = \frac{n_\beta}{n_\alpha}$
- Allgemein:  $\alpha_T = \arcsin \frac{n_\beta}{n_\alpha}$

### 2.1.7 Totalreflexion im LWL

- Stufenprofil-LWL: Aufbau
  - dichtes Kernglas, dünneres Mantelglas
  - dichter Kunststoffmantel (*coating*), stark absorbierend.