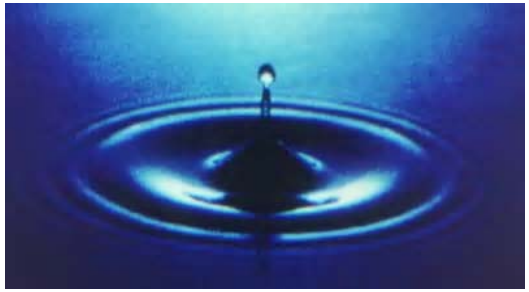
# 6 Optik

## 6.1 Mechanische Wellen & elektromagnetische Wellen



transversale & longitudinale Wellen

Interferenz

Polarisation

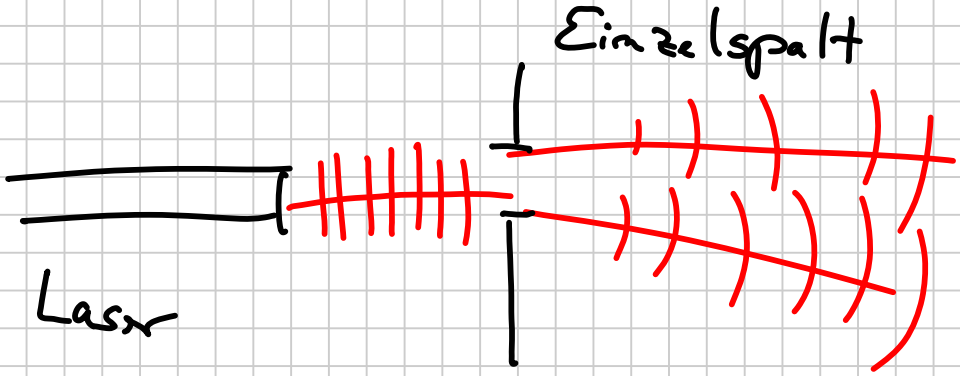
Reflexion, Brechung, Dispersion

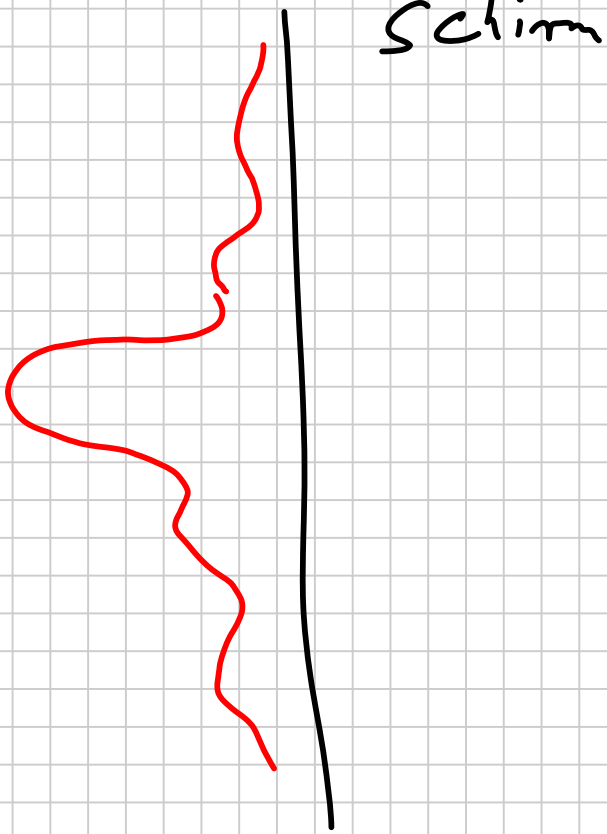
Totalreflexion

Brewster-Winkel

## 6.2 Abbildungen

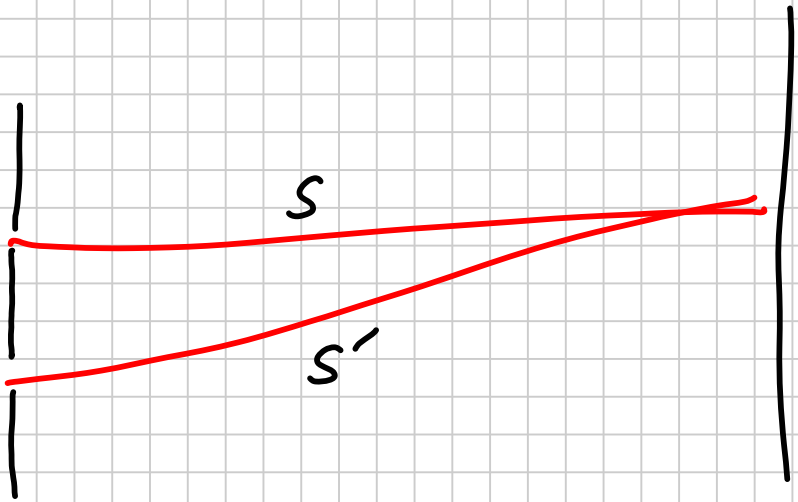
# Beugung am Spalt




Huygenssche Prinzip

# Doppelspalt



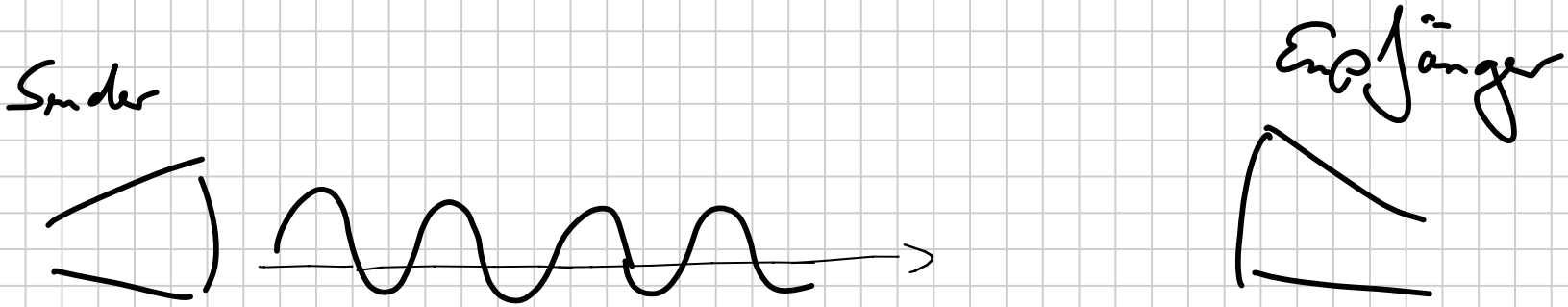

$s' = s + n \cdot \lambda$

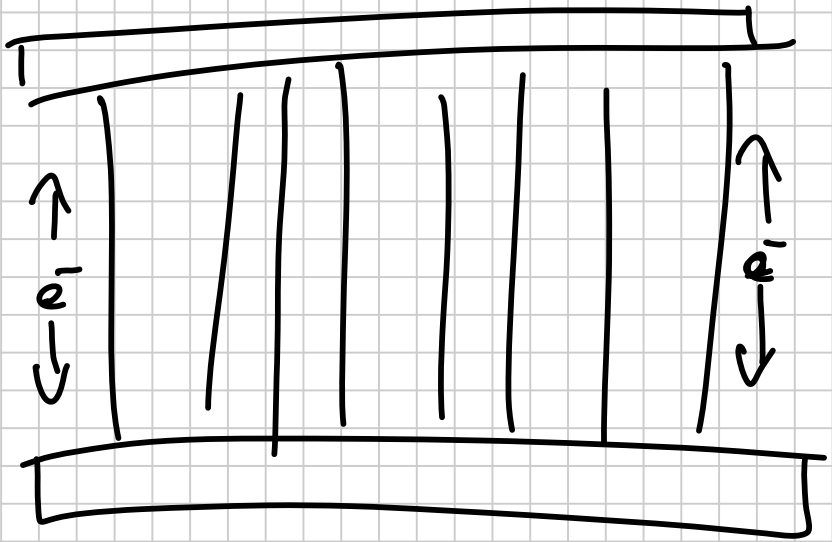
konstruktive Interf.

$s' = s + \left(n + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda$

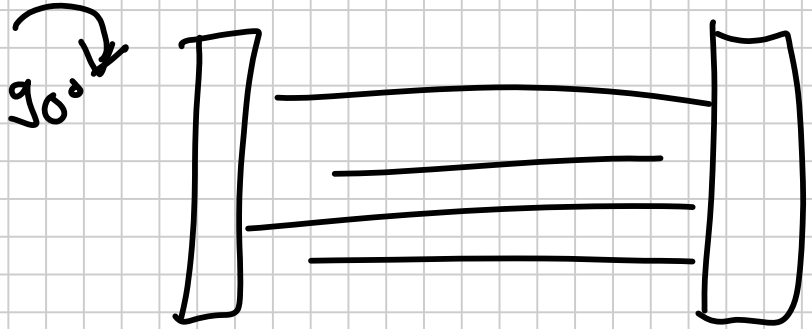
destruktive Inter

# Polarisation von Mikrowellen



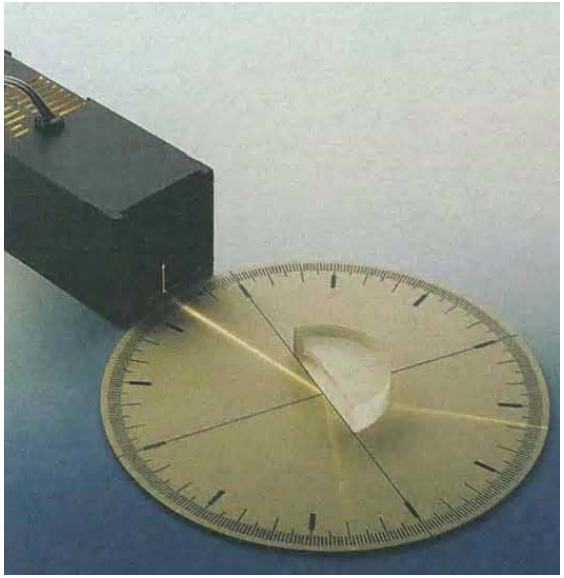

Gitter als Polfilter



# 6.1 Elektromagnetische Wellen

## Geometrische Optik (Strahlenoptik): Diskussion von Licht-Strahlen

## Reflexion und Brechung



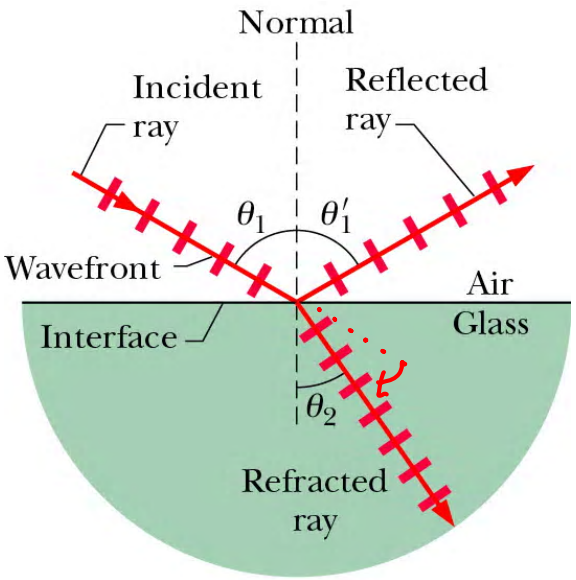
An der **Grenzfläche** Luft / Glas (Material 1 / 2) wird
ein Teil des Lichts reflektiert,
ein Teil transmittiert bzw. in das Glas gebrochen (abgelenkt).

**Reflexion: Einfallswinkel = Ausfallswinkel**
(gemessen zur Normalen)

$$\theta_1 = \theta_1'$$

**Brechung:**

$$n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2$$

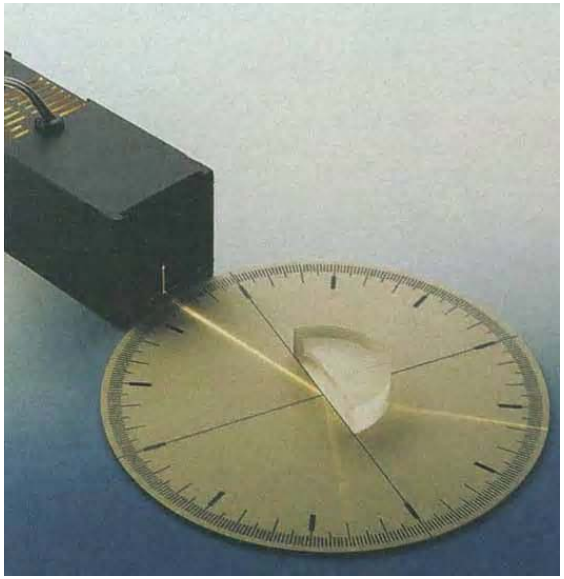



Brechungsindex **n** (*dimensionslos*)
mit **$n * v_{Med} = c$** $\Rightarrow v_{med} = c/n$
$v_{Med}$ = Ausbreitungsgeschwindigkeit im Medium

*Das Licht wird aus seiner Richtung abgelenkt (gebrochen), weil es im Medium langsamer läuft.*

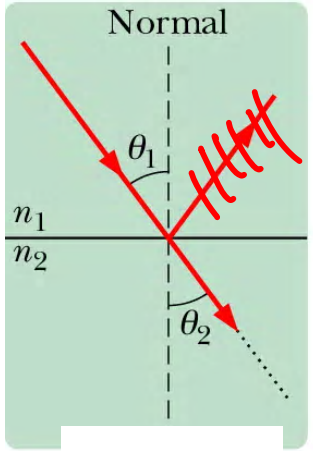
# 6.1 Elektromagnetische Wellen

## Reflexion und Brechung

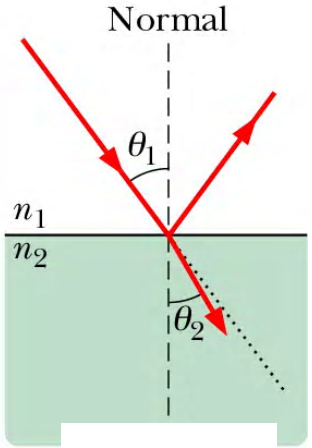


$$n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}$$




$n_1 = n_2$




$n_1 < n_2$

Luft ➔ Glas

**Werte von n:**

Vakuum: 1

Luft: 1.00029

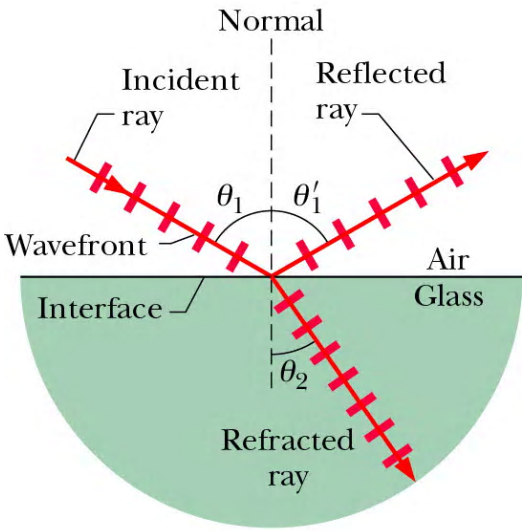
Wasser: 1.33

Quarzglas: 1.46

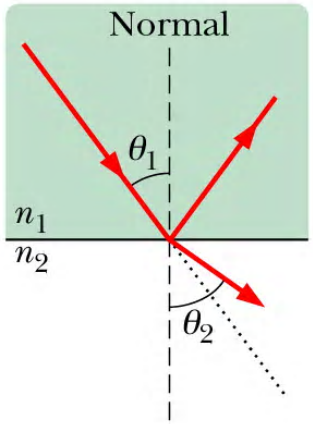
Schwerflintglas: 1.65

Diamant: 2.42

aber: **n = n(λ)**




(b)

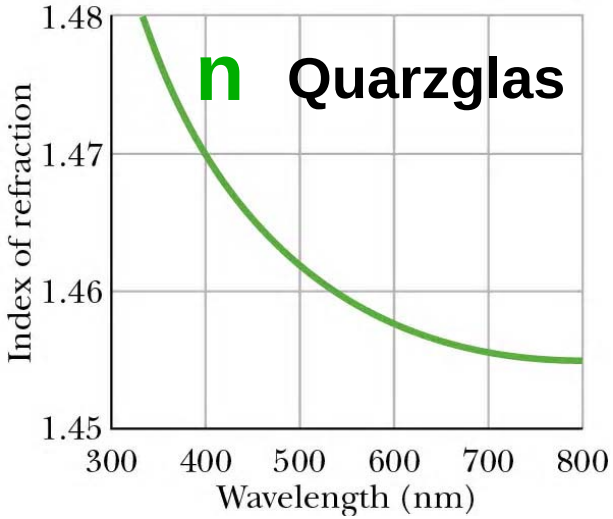



$n_1 > n_2$

Glas ➔ Luft

# 6.1 Elektromagnetische Wellen

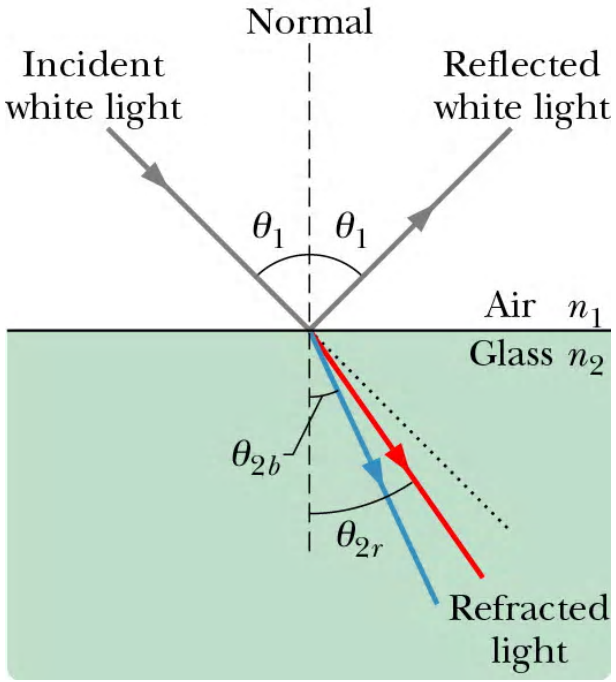
## Dispersion: Brechungsindex n hängt von Wellenlänge λ ab



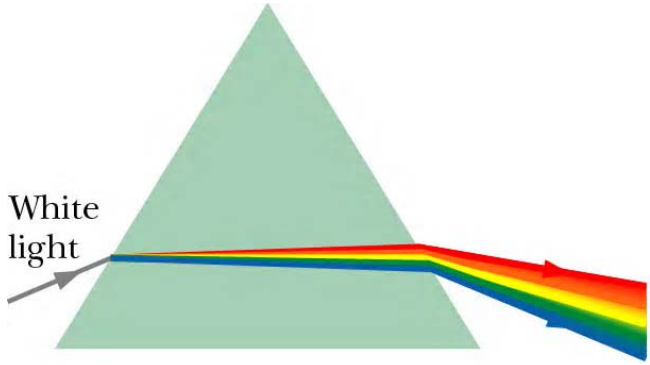

$$n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2$$

Licht unterschiedlicher Wellenlänge wird verschieden stark gebrochen.

**Prisma:** Aufspaltung von weißem Licht in seine Komponenten

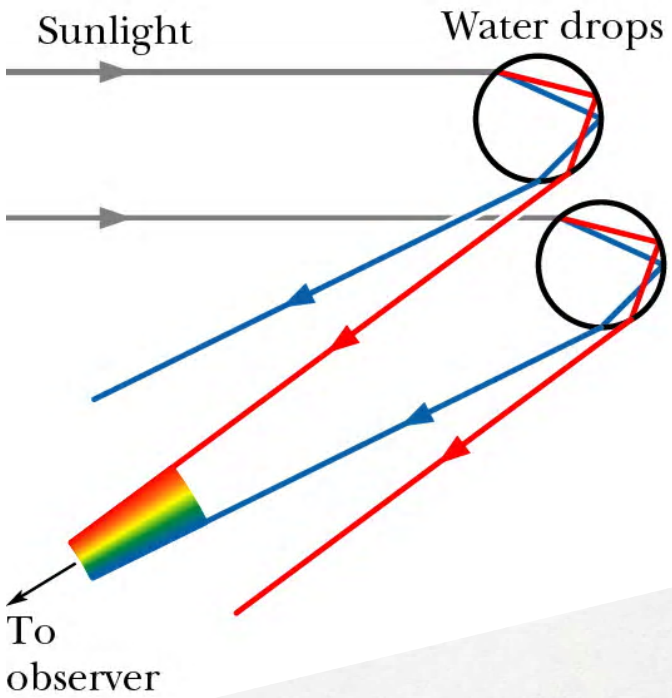



„Normale“ Dispersion: kurze Wellenlänge (blau) wird stärker gebrochen als lange (rot).

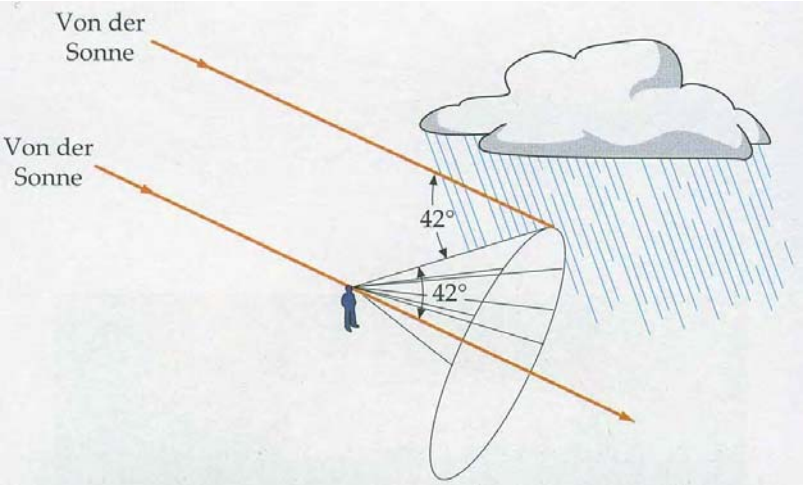


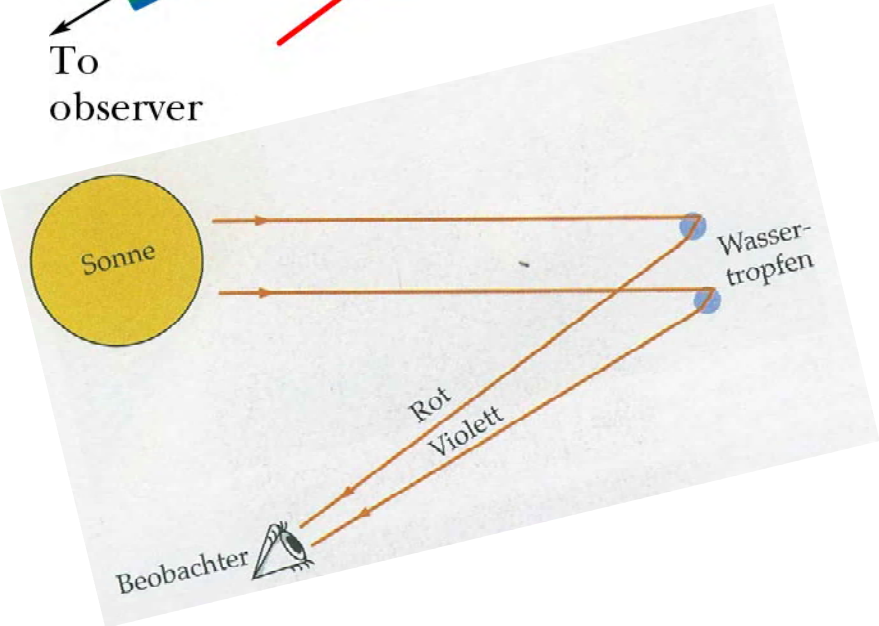
# 6.1 Elektromagnetische Wellen

## primärer Regenbogen



Licht wird an der Grenzfläche Luft/Tropfen **gebrochen** und im Tropfen **reflektiert**.
Dabei wird blaues Licht stärker gebrochen als rotes.
➔ der rote Kreis liegt außen (steilerer Einfall)

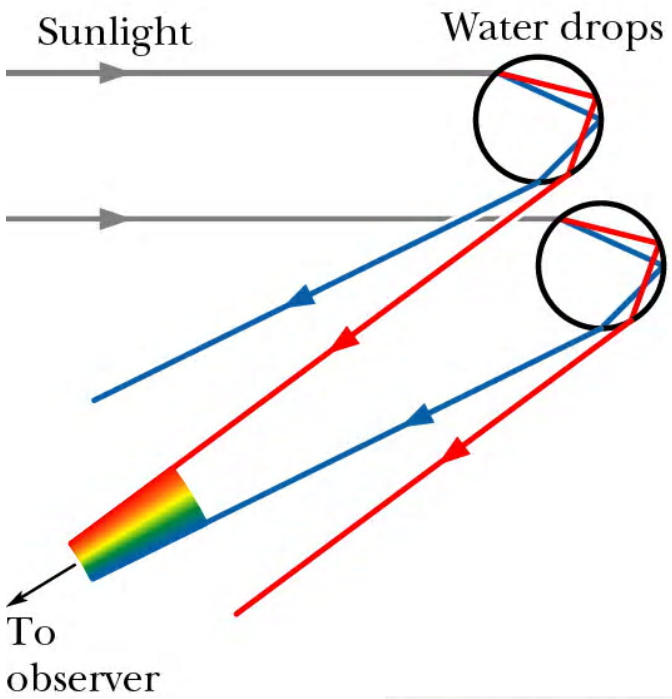


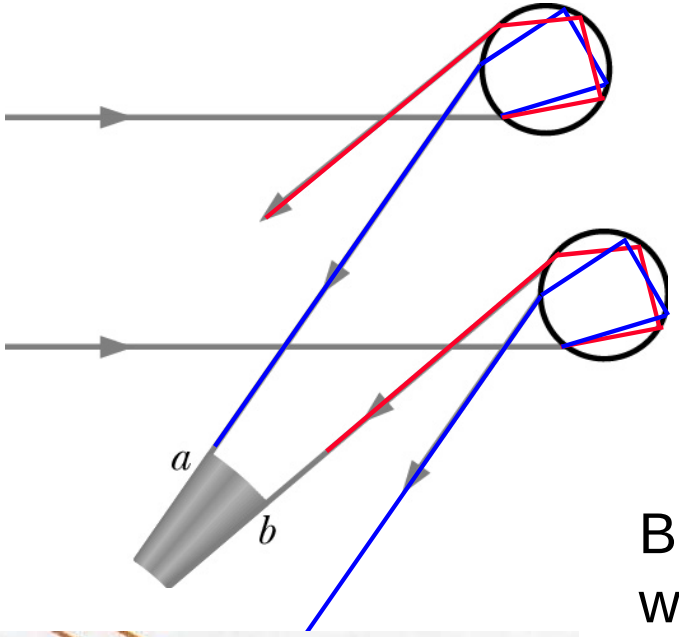

Die **Sonne**, der **Mittelpunkt** des Regenbogens und das **Auge** des Betrachters liegen auf einer **Geraden**.
➔ *jeder sieht seinen eigenen Regenbogen*

# 6.1 Elektromagnetische Wellen

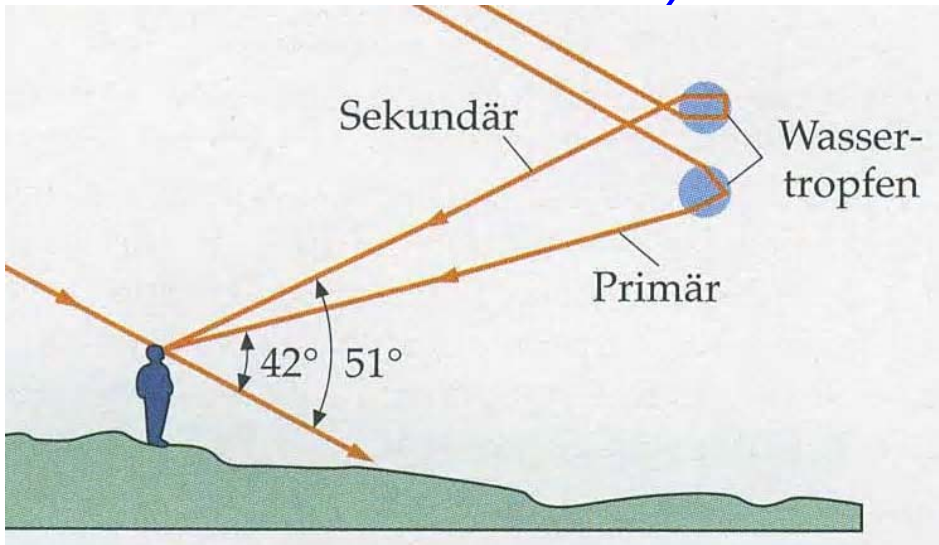
**primärer Regenbogen**




**sekundärer Regenbogen**



(b)

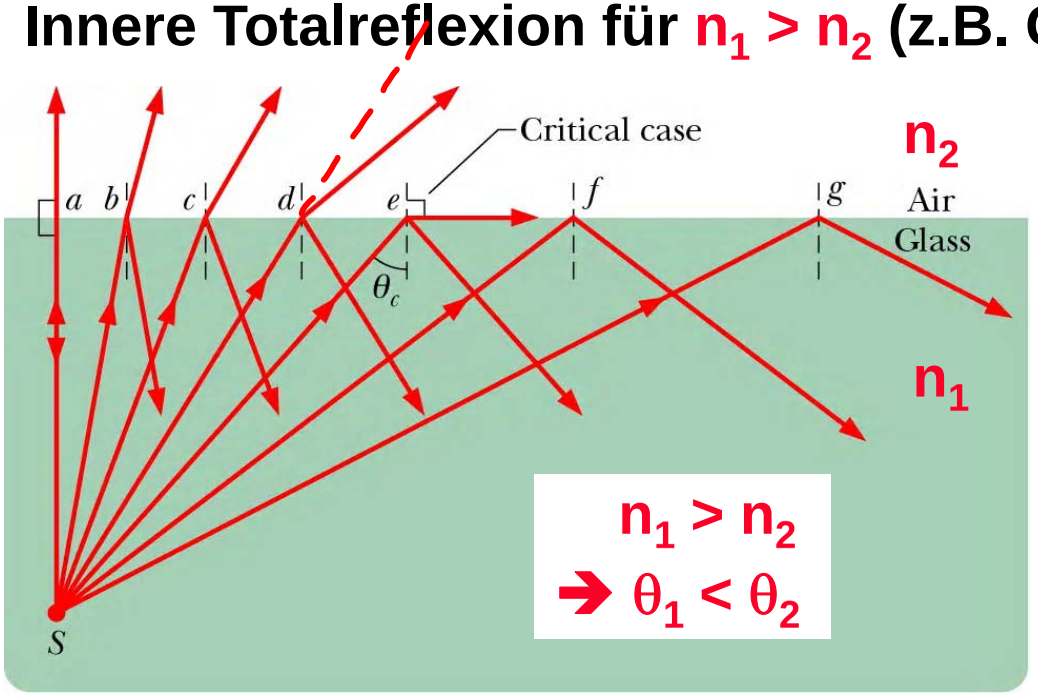



Beim sekundären Regenbogen wird das Licht **2mal** im Tropfen **reflektiert**.

➔ der blaue Kreis liegt außen

# 6.1 Elektromagnetische Wellen

## Innere Totalreflexion für $n_1 > n_2$ (z.B. Glas ➔ Luft)



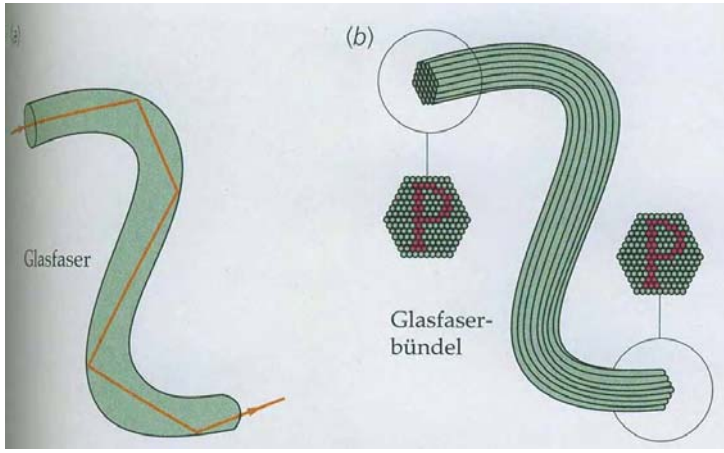

$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

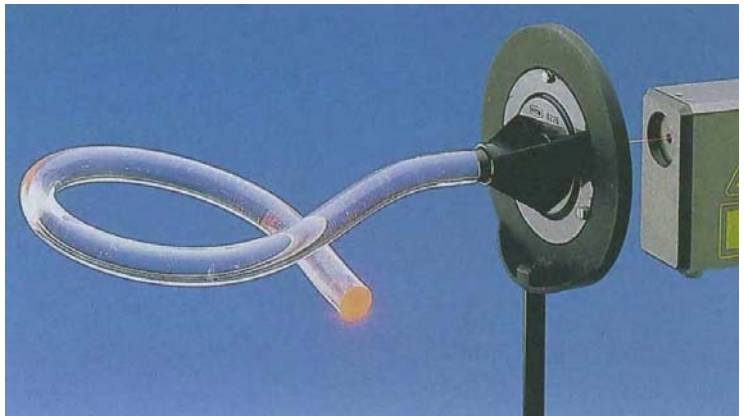
Bei dem kritischen Winkel $\theta_1 = \theta_{krit}$ ist der Brechungswinkel $\theta_2 = 90°$.
Für $\theta > \theta_{krit}$ gibt es keinen gebrochenen Strahl, das Licht wird **total reflektiert**, d.h. es kann nicht aus dem Glas austreten.

$$n_1 \cdot \sin\theta_{krit} = n_2 \cdot \sin(90°)$$

$$\boxed{\sin\theta_{krit} = \frac{n_2}{n_1}}$$

## Lichtleiter (Glasfaser)



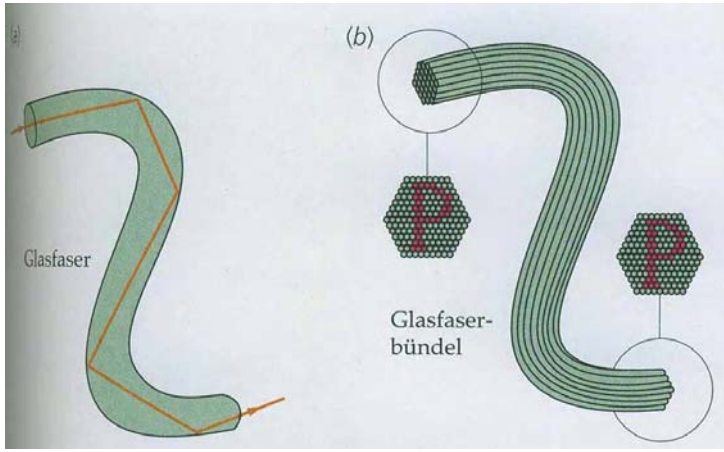
*Licht wird per Totalreflexion durch Lichtleiter geführt. Faserbündel übertragen auch Bilder (➔ Medizin).*

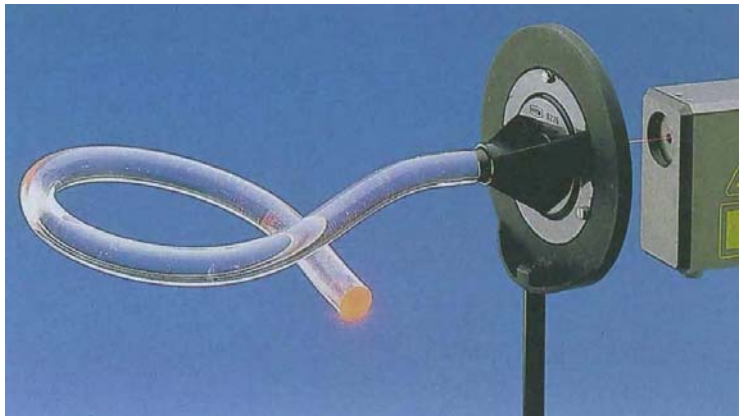
# 6.1 Elektromagnetische Wellen

**Innere Totalreflexion für $n_1 > n_2$**

*Bsp.:* Laser wird durch Wasserstrahl geführt.

**Lichtleiter (Glasfaser)**

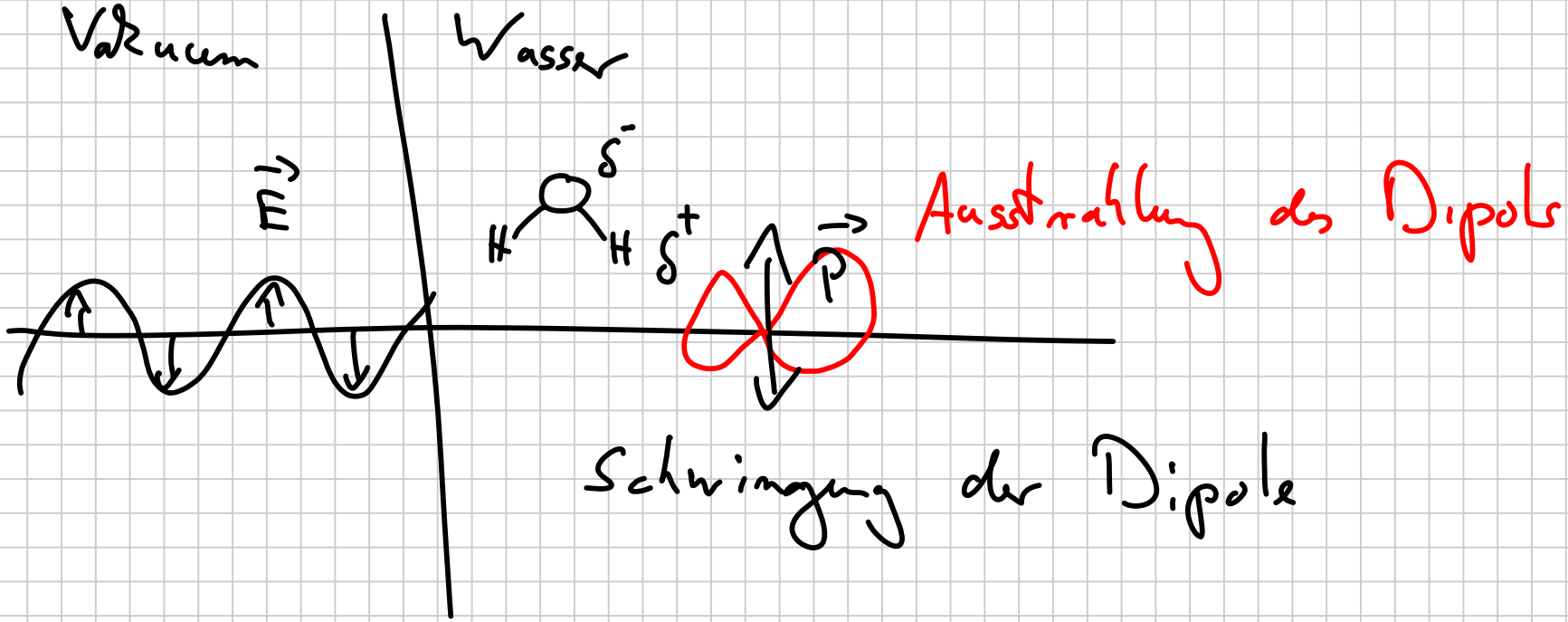


*Licht wird per Totalreflexion durch Lichtleiter geführt. Faserbündel übertragen auch Bilder (⇒ Medizin).*

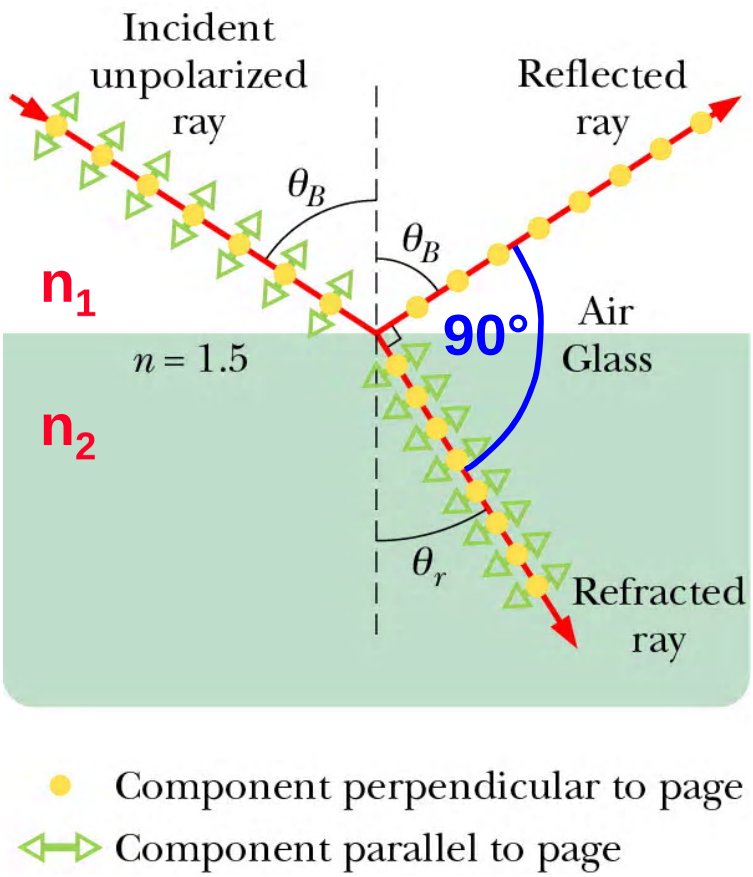
# Brewster-Winkel

Licht in Materie



# 6.1 Elektromagnetische Wellen

## Polarisation durch Reflexion: Brewster- Winkel




*Bsp.: Unterdrückung von Reflexionen beim Fotografieren.*

Unpolarisiertes Licht fällt schräg auf Grenzfläche.

**Einfallsebene** (*hier: Zeichenebene*): definiert durch einfall. Strahl & Normale auf Grenzfläche

Zerlege das Licht in Komponenten, die **senkrecht (s)** ● bzw. **parallel (p)** ↕ zur Einfallsebene polarisiert sind.

Im Allgemeinen sind die **s- und p-Komponenten** im **reflektierten** (und im gebrochenen) Strahl **nicht gleich stark**.

Steht der **reflektierte Strahl ⊥ auf dem gebrochen** ($\theta_B + \theta_r = 90°$),
dann ist der **reflektierte Strahl linear polarisiert (senkrecht).**

$$\tan\theta_B = \frac{n_2}{n_1}$$

*Grund:* die parallel pol. Komponente hat hier **keinen transversalen Anteil** (⊥ Ausbreitungsrichtung).

# 6.1 Elektromagnetische Wellen

**Fata Morgana (Luftspiegelung)**

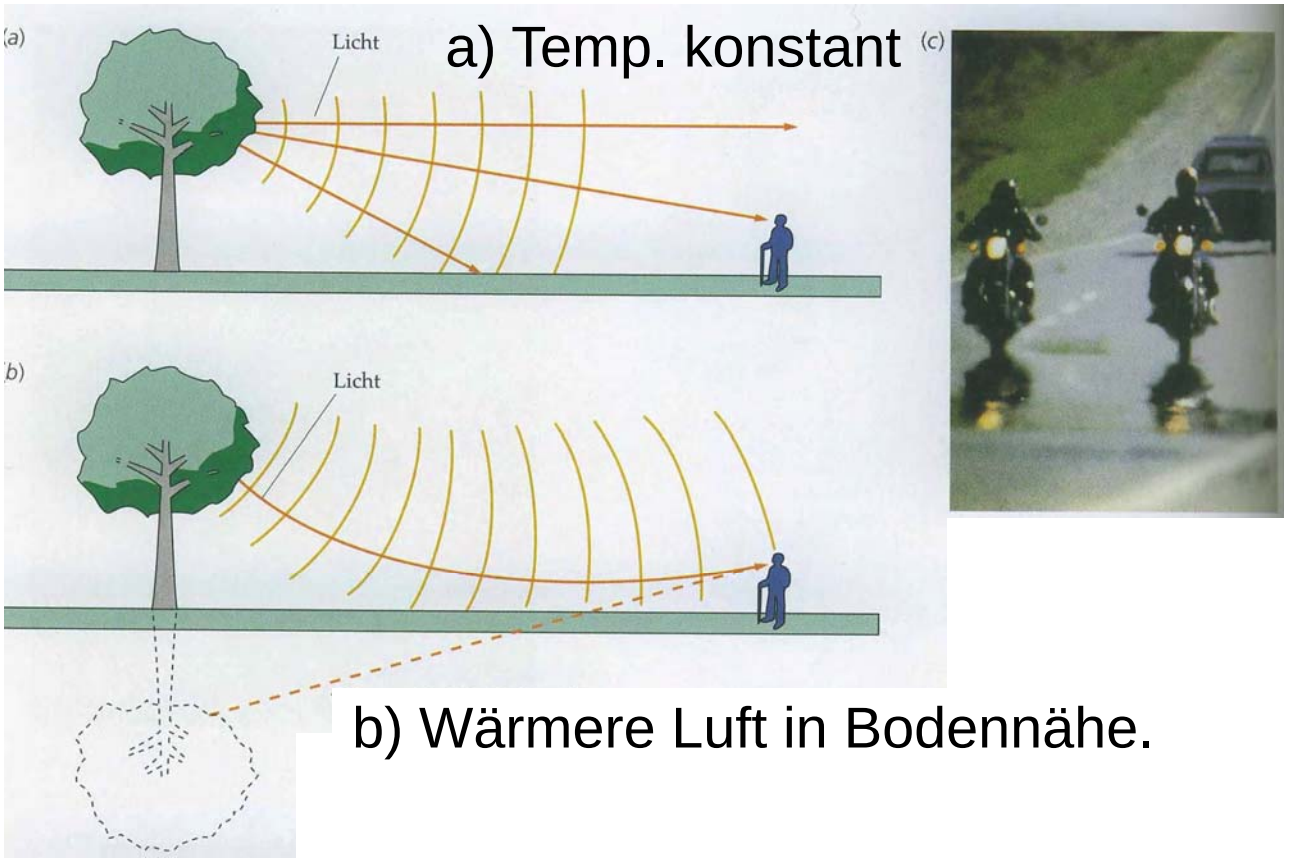
Die Luft direkt über dem Boden ist **wärmer**

➔ kleinerer Brechungsindex n

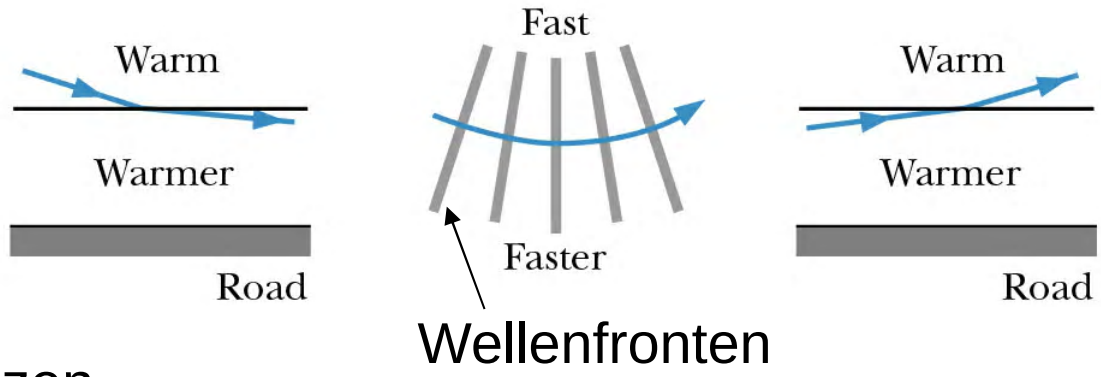
➔ größere Ausbreitungsgeschw. für Licht

Durch die **Änderung von n** wird das Licht nach oben gebrochen.

*Anschauung: Ein Auto, dessen rechte Räder schneller fahren als die linken, zieht nach links*.




Unser Gehirn nimmt einen normalen (geraden) Strahlenverlauf an.




Eindruck von Wasser: Spiegelung des blauen Himmels & Flirren durch Turbulenzen

# 6.1 Wellen: Zusammenfassung

**Orts- und Zeitabhängigkeit der Wellenamplitude**

$$y(x,t) = y_{max}\,\sin(k\cdot x - \omega\cdot t)$$

$y_{max}$: Amplitude
$\omega$: (Kreis-)Frequenz
$kx - \omega t$: Phase

**Wellenlänge $\lambda$ & Wellenzahl k:**

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

**Periode T & Kreisfrequenz $\omega$:**

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

**Ausbreitungsgeschwindigkeit**

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{k} = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu$$

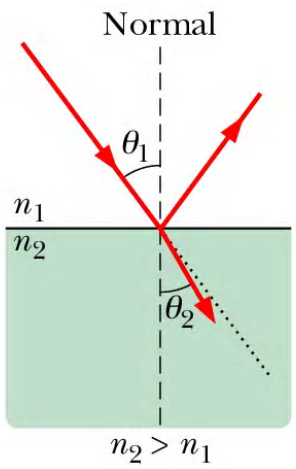
Für Elektromagnetische Wellen
**(-> Licht** c≈300.000km/s**)**

$$\frac{dx}{dt} = c = \frac{\omega}{k} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}$$

im Medium mit Brechzahl **n**:

$$v_{Med} = c/n$$

**Reflexion & Brechung:**

$$\theta_1 = \theta_1'$$

$$n_1\cdot\sin\theta_1 = n_2\cdot\sin\theta_2$$