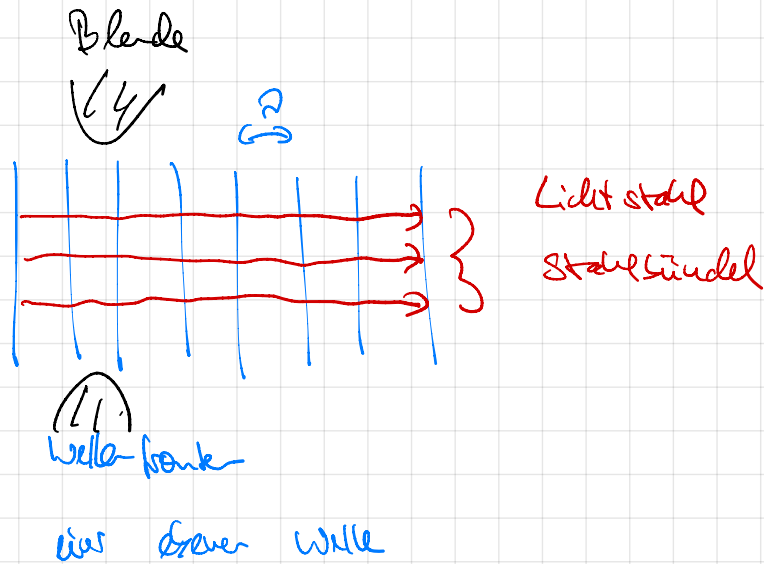


# 5. Geometrische Optik (Strahlenoptik)



Lichtstrahl: Normalen auf der Phasenfläche der ebener -  
Magnetischen Welle (isotrope Medien)

Lichtstrahlbündel: eingegrenzter Teil einer Lichtwelle,  
Gesamtheit der Lichtstrahlen

Viele optische Instrumente basieren auf der  
Änderung der Ausbreitungsrichtung von Licht,  
Welleneigenschaften sind oft vernachlässigbar.

Eigenschaften eines Lichtbündels

- Wellenlänge  $\lambda$
- Ausbreitungsgeschwindigkeit  $\frac{c}{n}$
- Intensität  $I = \frac{c}{n} \epsilon_0 \langle E^2 \rangle$
- Polarisation

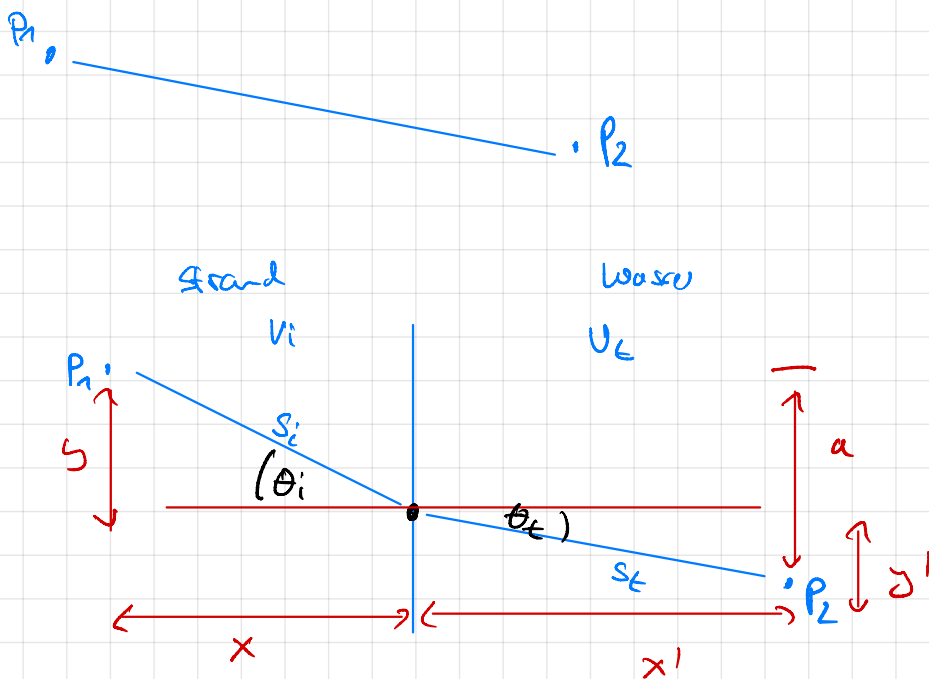
Wie verhält sich das die Brechung?  
 Das kann man in fast jeder Sache machen,  
 wenn der Querschnitt eines Lichtbündels  
 sehr groß ist gegen die Wellenlänge.

Also: Große optische Instrumente im  
 Vergleich zur Wellenlänge

### 5.1 Das Fermatsche Prinzip

Was ist der schnellste Weg zwischen zwei  
 Punkten?

Bei konstantem Laufgeschwindigkeit ist der  
 schnellste Weg der geradlinige Weg.



Laufzeit zwischen  $P_1$  und  $P_2$

$$t = \frac{s_i}{v_i} + \frac{s_t}{v_t} = \frac{1}{v_{\max}} (n_i s_i + n_t s_t)$$

aus Pythagoras folgt:

$$t = \frac{1}{v_{\max}} \left( n_i \sqrt{x^2 + y^2} + n_t \sqrt{x^2 + (a-y)^2} \right)$$

Minimum für  $t$  ergibt sich durch Ableitung

$$\frac{dt}{dy} = \frac{1}{v_{\max}} \left( n_i \frac{1}{2} \frac{2y}{\sqrt{x^2 + y^2}} + n_t \frac{1}{2} \frac{-2(a-y)}{\sqrt{x^2 + (a-y)^2}} \right) = 0$$

$$\frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \sin \theta_i \quad \frac{(a-y)}{\sqrt{x^2 + (a-y)^2}} = \sin \theta_t$$

$$\Rightarrow n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t$$

Snelliusche Brechungsgesetz

Herleitung ohne Maxwell Gleichung.

Fermatsche Prinzip:

Ein Lichtstrahl läuft von einem Punkt  $P_1$   
zu einem Punkt  $P_2$  stets auf dem Weg,  
dessen optische Pfadlänge  $OP_2 = \sum n_i s_i$   
 $\hat{=}$  Laufzeit stationär bezg. einer Änderung  
ist. Vielfach ist dies ein Minimum.

$$\text{Variationsprinzip} \quad \delta \left[ \int_{P_1}^{P_2} n(s) ds \right] = 0$$

$$\delta S = \delta \left[ \int_{t_1}^{t_2} L dt \right] = 0 \quad L: \text{Lagrangian Funktion}$$

Wohin "kennt" das Licht den stationären Pfad?  
 Das Licht "probiert" alle Pfade aus.

## 5.2 Die optische Abbildung

Optische Abbildung ist wenn Licht von einem Punkt  $P_1$  in einem Punkt  $P_2$  wieder versammelt wird.

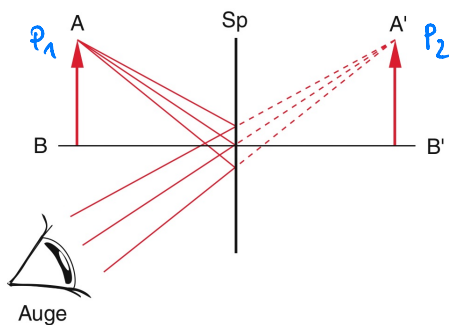
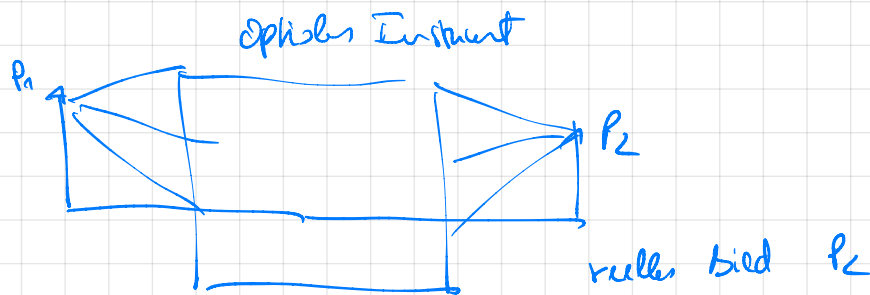


Abbildung 9.5 Ein ebener Spiegel bildet einen Gegenstand AB in ein gleich großes Bild A'B' ab (1:1-Abbildung)

Beispiel für eine optische Abbildung  
 mit virtuellem Bild ( $P_2$ )

Verlängerung des Strahls  
 hinter den Spiegel  
 laufen im virtuellen Bild  
 $P_2$  ( $A'$ ) zusammen.

Denkmal



Im reellen Bild laufen die Lichtstrahlen wieder zusammen. Im virtuellen Bild laufen die Strahlen verlängert hinter virtuell zusammen.

Der Spiegel ist das einzige optische Element, was ideal abbildet, in dem Sinne, dass

ein jeder Punkt auf der einen Seite auf  
einen Punkt auf der anderen Seite  
abgebildet wird (virtuell).

→ Experiment

Das Beobachtete kann ein virtuelles und  
ein reelles Bild nicht unterscheiden.