

# Physik I Ergänzung - 12. Vorlesung 03.02.2006

Notiztitel

31.01.2006

- Inhalt:
- Wellengleichung in Gasen  
(siehe Skript von 11. Vorlesung)
  - Einführung in Relativitätstheorie

# Relativitätstheorie

3 nichtrelativistische Möglichkeiten für Lichtausbreitung:

- (i) instantan
- (ii) relativ zu Medium, das gesamten Raum durchzieht (Äther)
- (iii) relativ zu Quelle

zu (i) Empedokles (450 v. Chr.): nein!

Olé Römer (1676):  $c \approx 214000 - 300000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$   
(Ein- und Austritt von Jupitermond)

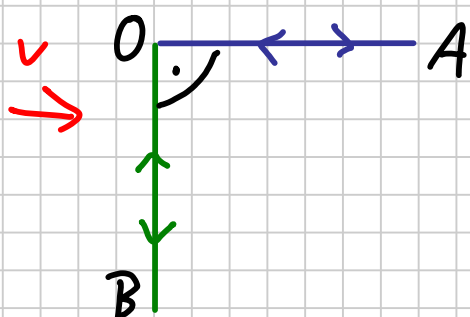
James Bradley (1728) Fixsternverschiebung  
 $c \approx 295000 \text{ km/s}$

Fizeau, Foucault: Zahnrad, Drehspiegel  
also: **nein!**

zu (ii) Wie stellen wir Medium fest, das wir nicht direkt beobachten können? Laufzeitmessungen!

Beispiel: Messung der Windgeschwindigkeit

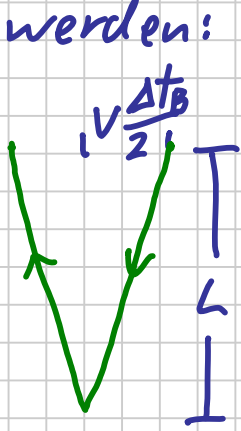
Annahme: Flugzeuge bewegen sich relativ zur Luft mit Geschwindigkeit  $c$  fort



Lasse 2 Flugzeuge gleiche Entfernungen zurücklegen, einmal parallel, einmal senkrecht zur vermuteten Windrichtung.

Flugzeit O-A-O:  $\Delta t_A = \frac{L}{c+v} + \frac{L}{c-v} = \frac{2Lc}{c^2-v^2}$

Das 2. Flugzeug muss einen Winkel gegenüber dem Boden fliegen, um nicht abgetrieben zu werden:



$$\Delta t_B = \frac{2\sqrt{L^2 + (v \frac{\Delta t_B}{2})^2}}{c}$$

$$\left(\frac{c \Delta t_B}{2}\right)^2 = L^2 + \left(v \frac{\Delta t_B}{2}\right)^2$$

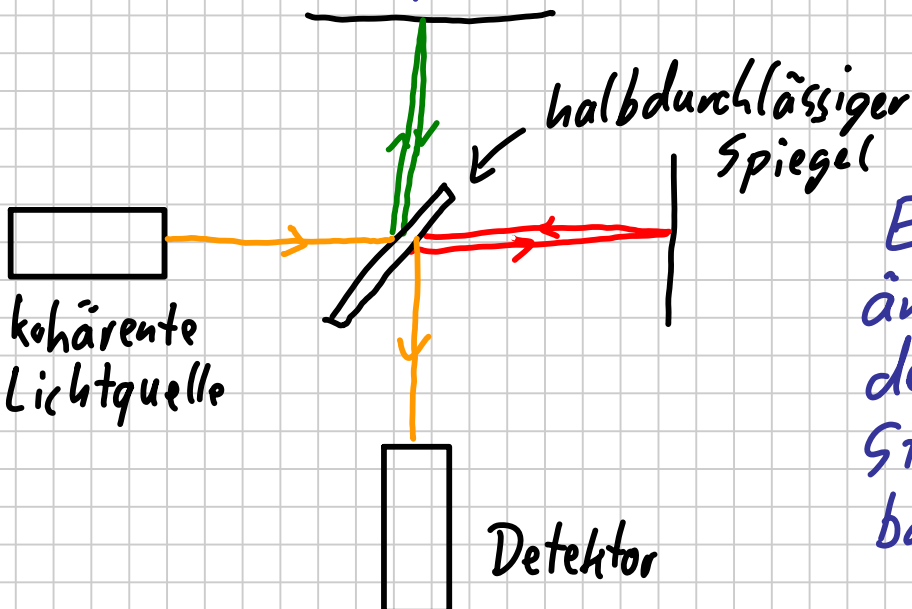
$$\Delta t_B^2 = \frac{L^2}{\frac{1}{4}(c^2 - v^2)}$$

$$\Delta t_B = \frac{2L}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta t_B}{\Delta t_A} = \frac{c^2 - v^2}{c\sqrt{c^2 - v^2}} = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

Wenn die Windrichtung unbekannt ist, variiert man die Ausrichtung bis das maximale Verhältnis erreicht ist.

Anwendung auf Licht (Michelson + Morley, 1881 (Potsdam) + 1887 (Cleveland, Ohio))



Ergebnis: Interferenz ändert sich beim Drehen der Anordnung nicht (auf Steinplatte in Quecksilberbad). Also: **nein!**

zu (iii) Vergleich verschiedener kosmischer Quellen  
oder Zerfall von Pionen (HR Seite 1097)

$$v = 0,99975c \quad (\text{CERN, 1964}):$$

nein,  $c$  hängt nicht von Geschwindigkeit  
der Quelle ab.

Also gilt Galilei-Transformation nicht für Licht

(Einschub Bloch-Vortrag: Relativität der Gleich-  
zeitigkeit, Zeitdilatation, ...)

Eigenzeitabstand  $\Delta t_0$ : Zeit zwischen 2 Ereignissen,  
die am gleichen Ort (z.B. im Ruhesystem) statt-  
finden.

Zeitdilatation:  $\Delta t = \gamma \Delta t_0; \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$

Längenkontraktion:  $L = \frac{L_0}{\gamma}$

Relativistische Addition  
von Geschwindigkeiten:

$$u = \frac{u' + v}{1 + u'v/c^2}$$

Longitudinaler Dopplereffekt:

$$f = f_0 \sqrt{\frac{1 - v/c}{1 + v/c}}$$

transversaler Dopplereffekt:

$$f = f_0 \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2} = \frac{f_0}{\gamma}$$

(aus Zeitdilatation:  $T = \gamma T_0$ )