

# Übungsblatt 2

## Relativitätstheorie I

Wintersemester 2014/15  
Fakultät für Physik, Universität Stuttgart  
Prof. Dr. R. Hilfer

### Aufgabe 1 (Votieraufgabe)

4 Punkte

Gegeben seien die beiden homogenen Maxwellgleichungen

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{B} &= 0, \\ \nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} &= 0.\end{aligned}$$

1. Zeigen Sie, dass die Gleichungen nicht galilei-invariant sind.
2. Zeigen Sie, dass die Gleichungen invariant sind unter der Lorentztransformation

$$x' = \gamma(x - \beta ct), \quad y' = y, \quad z' = z, \quad ct' = \gamma(ct - \beta x), \quad \beta = \frac{v}{c}, \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

### Aufgabe 2 (Votieraufgabe)

4 Punkte

Leiten Sie die Formeln der Lorentz-Transformation für den Fall her, dass die Geschwindigkeit  $\mathbf{v}$  des bewegten Systems  $K'$  nicht in Richtung der  $x$ -Achse des ruhenden Systems  $K$  zeigt, sondern eine beliebige Richtung hat.

### Aufgabe 3 (Hausaufgabe)

4 Punkte

Analysieren Sie das Michelson-Morley-Experiment in einem lichtdurchlässigen Medium mit Brechungsindex  $n \neq 1$ . Die Relativgeschwindigkeit zwischen Äther und Experimentaufbau sei  $\mathbf{v}$  und es sei angenommen, daß der Äther an das Medium koppelt und mitgeführt wird. Die Mitführung werde durch einen Mitführungskoeffizient  $b$  beschrieben, so daß die Lichtgeschwindigkeit  $\mathbf{c}$  eine Änderung um  $\Delta \mathbf{v} = b\mathbf{v}$  erfährt, wobei  $\mathbf{v}$  der Geschwindigkeitsvektor ist mit welchem sich das lichtdurchlässige Medium durch den Äther bewegt.

1. Bestimmen Sie Laufzeitunterschiede und daraus resultierende Phasendifferenzen. Die optischen Wege in  $x$  und  $y$ -Richtung sind  $l_1$  und  $l_2$  und die verwendete Lichtquelle hat die Wellenlänge  $\lambda$ .

2. Nehmen Sie nun für den Mitführeffektkoeffizienten  $b$  an  $b = 1 - n^{-2}$ , für die Wellenlänge der Lichtquelle  $\lambda = 633\text{nm}$ , für die Länge der optischen Wege  $l_1 = l_2 = l = 26\text{cm}$  und berechnen Sie die Laufzeit- und Phasendifferenzen für das Experiment im Vakuum  $n = 1$  und für den Brechungsindex  $n = 1,5$ .

#### Aufgabe 4 (Hausaufgabe)

4 Punkte

Zwei Ereignisse finden in den Intertialsystem  $K$  und  $K'$  zu den Zeitpunkten  $t_1 = z_0/c$  und  $t_2 = z_0/(2c)$  an den Orten  $\mathbf{x}_1 = (0, 0, z_0)$  und  $\mathbf{x}_2 = (0, 0, 2z_0)$  statt.

1. Wie groß muss die Relativgeschwindigkeit  $\mathbf{v}$  sein, damit in  $K'$ , das sich relativ zu  $K$  bewegt, die Ereignisse gleichzeitig stattfinden?
2. Zu welcher Zeit  $t'$  werden dann die Ereignisse in  $K'$  beobachtet?