

Theoretische Physik
- Einführung in die Allgemeine Relativitätstheorie -
Übungsblatt 4 (20 Punkte)
Ausgabe 08.12.08 – Abgabe 18.12.08 – Besprechung n.V.

▷ **Aufgabe 1**

Geben Sie die Darstellung der Euklidischen Metrik nebst der Christoffelsymbole in (a) Zylinderkoordinaten bzw. (b) Kugelkoordinaten.

▷ **Aufgabe 2 (Fata Morgana)** ¹

Gekrümmte Lichtstrahlen gibt es nicht nur in der Nähe großer Massen, sondern bereits beim Durchgang durch inhomogene Medien, zum Beispiel durch Luft:

Für die Ausbreitung von Licht gilt das *Fermat'sche Prinzip*: die wahren Lichtstrahlen minimieren die optische Weglänge — und in die geht neben der geometrischen Weglänge auch der Brechungsindex n ein. Ein plausibles Modell für den Brechungsindex von Luft ist, die Abweichung vom Vakuumwert 1 als proportional zur Dichte anzunehmen:

$$n = 1 + \alpha \frac{\rho}{\rho_0}$$

Dabei ist ρ die Dichte der Luft, ρ_0 die Dichte bei Normalbedingungen, und α ein dimensionsloser Parameter.

- (a) Schätzen Sie den Parameter α ab — zum Beispiel, indem Sie brutal extrapolieren und sich erinnern: Wasser hat ungefähr $n = 1.3$.
- (b) Geben Sie die für Lichtausbreitung maßgebliche Metrik in geringer Höhe über einer heißen Straße an. Machen sie geeignete plausible Annahmen, etwa: die Temperatur nimmt nach oben linear ab; die Straße hat 80°C , und 10cm darüber sind es noch 70°C .
- (c) Berechnen Sie den Krümmungsradius für Lichtstrahlen, die in geringer Höhe näherungsweise parallel zur Straße verlaufen. Welcher Ablenkwinkel ergibt sich für 1km Straßenlänge?

▷ **Aufgabe 3 (GPS)**

Besuchen Sie Wikipedia; machen Sie sich mit der Konfiguration und den Prinzipien des GPS vertraut. Für den Zeitstandard: schätzen Sie die Korrekturen der SRT (Stichwort: Zeitdilatation) und ART (Stichwort: gravitative Rotverschiebung) ab. Ist es tatsächlich wichtig, wie behauptet, diese Korrekturen in der technischen Umsetzung zu berücksichtigen?

¹Aufgabenstellung: Timo Felbinger. Herzlichen Dank!