# Übungen zu Theoretische Physik 4 (12-PHY-BTP4), SS 16

Serie 5

Abgabe zu Beginn der Vorlesung am 10.5.

**Übung 1.** 4 (+2) P.

a) Geben Sie den maximalen Definitionsbereich $U$ (d.h. das maximale Gebiet in dem $\vec{F}$ stetig differenzierbar ist) des Vektorfelds

$$\vec{F} = \frac{1}{\rho}\vec{e}_\phi$$

an. Hierbei sind Zylinderkoordinaten verwendet, d.h.

$$x = \rho\cos\phi, \qquad y = \rho\sin\phi, \qquad \vec{e}_\phi = (-\sin\phi, \cos\phi, 0).$$

Ist $\vec{F}$ wirbelfrei auf $U$? Folgt daraus, dass es ein Potenzial $f$ geben muss, d.h. $\vec{F} = -\vec{\nabla} f$? Berechnen Sie

$$\oint \vec{F} \cdot \mathrm{d}\vec{s}$$

für den Pfad $[0, 2\pi) \ni s \mapsto (\rho(s), \phi(s), z(s)) = (\rho_0, s, z_0)$ in der $1-2$ Ebene um den Ursprung. Gibt es ein Potenzial?

b) Bonusaufgabe: Gibt es ein Potenzial für $\vec{F}$ auf $U = \mathbb{R}^3 \setminus \{(x,y,z)|x \geq 0, y = 0\}$? Wenn ja, geben Sie eines an.

**Übung 2.** 2 P.

Überprüfen Sie, dass sich $u^\mu = (u, \frac{1}{c}\vec{S})$, mit $u$ der Energiedichte und $\vec{S}$ dem Poynting-Vektor, nicht wie ein 4er Vektor unter Boosts transformiert, d.h.

$$\Lambda^\mu_\nu u^\nu \neq (u', \tfrac{1}{c}\vec{S}').$$

Hinweis: Es genügt, dies z.B. für die 0-Komponente und eine einfache Wahl von $\vec{E}$, $\vec{B}$, $\vec{\beta}$ zu zeigen. Das Transformationsgesetz für $\vec{B}$ lautet

$$\vec{B}' = \gamma\left(\vec{B} + \frac{\gamma^{-1} - 1}{\beta^2}\vec{\beta}\cdot\vec{B}\vec{\beta} - \vec{\beta}\times\vec{E}\right)$$

**Übung 3.** 4 P.

Überprüfen Sie, dass für die rein räumlichen Komponenten des Energie-Impuls Tensors gilt:

$$T_{ij} = \tfrac{1}{4\pi}\left(-E_iE_j - B_iB_j + \tfrac{1}{2}\delta_{ij}\left(\vec{E}\cdot\vec{E} + \vec{B}\cdot\vec{B}\right)\right).$$

**Übung 4.** 2 P.

Die Einheit statC war so definiert, dass zwei Punktladungen mit dieser Ladung im Abstand von 1cm eine Kraft 1dyn $= 10^{-5}N$ aufeinander ausüben. Drücken Sie diese Ladung in Coulomb aus.