



# Übungen zur Elektrodynamik

Theoretische Physik II

WS 2019/20



Prof. Dr. H. Fehske  
<http://theorie2.physik.uni-greifswald.de>

Blatt 3

Abgabe: **Montag, 4.11.19** vor der Vorlesung

## Aufgabe 8 $E = 'm' c^2$

Wenn ein alteingesessener Mechaniker eine Lagrange-Funktion geschenkt bekommt,

$$L(\mathbf{v}, \mathbf{r}) = -mc^2 \sqrt{1 - \frac{\mathbf{v}^2}{c^2}} - V(\mathbf{r}), \quad (\mathbf{v} = \dot{\mathbf{r}}),$$

dann ist er froh und sagt Dank. An ihr kann er nämlich gemütlich sein Repertoire abarbeiten, et voilà, es entsteht korrekte relativistische Mechanik.

- Welchen verallgemeinerten Impuls  $\mathbf{p} = \nabla_{\mathbf{v}} L$  weist er der neuen Mechanik zu und welche Bewegungsgleichungen?
- Da  $\partial_t L = 0$  bildet er die Erhaltungsgröße  $H$ , bezeichnet ihren kinetischen Anteil mit  $E$  und sagt: „Ach sooo ist das gemeint, in der Überschrift. Es ist keine Kunst,  $c^2$  herauszuziehen. Und wer den Rest ‘ $m$ ’ nennt, der soll ihn angeben!“ - ‘ $m$ ’=?
- Sowohl  $E$  als auch der verallgemeinerte Impuls  $\mathbf{p}$  liegen als Funktionen von  $\mathbf{v}$  vor. Also läßt sich  $E$  auch als Funktion von  $\mathbf{p}$  schreiben, am Besten als  $E = \sqrt{\dots + \dots}$ . Skizzieren Sie  $E$  über  $p = |\mathbf{p}|$ !
- Im Linearbeschleuniger ist  $V(\mathbf{r}) = -Kx$  (konstante Kraft, eindimensionales Problem,  $v_y = v_z = 0$ ), und die Bewegungsgleichung ist, mit  $v_x(0) = 0$ , lösbar: Was ist  $v_x(t)$ ? Skizzieren Sie  $v_x(t)$ ! Wohin strebt  $v_x(t)$ , wohin streben jedoch  $p_x$  und  $E$  mit  $t \rightarrow \infty$ ?

## Aufgabe 9

In der Vorlesung wurden die relativistischen Bewegungsgleichungen

$$G^\alpha = mc \frac{du^\alpha}{ds}$$

abgeleitet.

- Vergleichen Sie die Bewegungsgleichungen mit den in Aufg. 8 aus der Lagrange-Funktion abgeleiteten. Wie ist der Zusammenhang zwischen Viererkraft  $G^\alpha$  und ‘Newton’-Kraft  $-\nabla V$ ? Was ergibt sich im momentanen Ruhesystem?
- Berechnen Sie explizit die Viererbeschleunigung  $w^\alpha = \frac{du^\alpha}{ds}$  als Funktion der Geschwindigkeit  $\mathbf{v}$  und der nichtrelativistischen Beschleunigung  $\mathbf{b} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$ .

## Aufgabe 10

Man bestimme die relativistische Bewegung einer Ladung in zueinander senkrechten und ihrem Betrage nach gleichen elektrischen und magnetischen Feldern.