

## Kräfte durch Licht

Wintersemester 2013/14

Carsten Henkel

### Übungsaufgaben Blatt 5

Ausgabe: 16. Dezember 2013

Diskussion: 06. Januar 2013

---

#### Problem 5.1 – Optische Pinzetten (10 points)

(1) Arthur Ashkin gilt als der Erfinder der “optischen Pinzette”: ein Laserstrahl, mit dem kleine Teilchen eingefangen und verschoben werden können (→ wikipedia). Begründen Sie, dass für ein kleines Teilchen, das in einer Flüssigkeit schwimmt und von einem Lichtfeld  $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$  beleuchtet wird, eine optische potentielle Energie angegeben werden kann:

$$V_L(\mathbf{r}) = \frac{\alpha}{2} \overline{\mathbf{E}^2(\mathbf{r}, t)} \quad (5.1)$$

wobei  $\alpha$  die Polarisierbarkeit des Teilchens ist, es klein gegenüber der Wellenlänge sei, und der Querstrich eine Mittelung über eine Periode des Lichtfelds (am Ort  $\mathbf{r}$  des Teilchens) ist. Geben Sie ‘typische’ Zahlenwerte an: für ein Teilchen viel kleiner als die Lichtwellenlänge gilt etwa die Clausius-Mossotti-Formel

$$\alpha = 4\pi\epsilon_0 R^3 \frac{\epsilon_p - \epsilon_m}{\epsilon_p + 2\epsilon_m} \quad (5.2)$$

wobei  $\epsilon_{p,m}$  die dielektrischen Konstanten des Teilchens und des umgebenden flüssigen Mediums sind. Vergleichen Sie Ashkin’s optisches Potential für einen ‘typischen’ Laserfokus mit der thermischen Energie  $k_B T$  bei Raumtemperatur.

(2) In der Nähe des Fokus (Taille  $w$ ) können Sie das optische Potential in eine quadratische Funktion entwickeln. Schreiben Sie eine Bewegungsgleichung für die Bewegung des Teilchens auf, die auch die viskose Reibung (→ Stokes) enthält. Ist die Bewegung des Teilchens schwach oder stark gedämpft?

#### Problem 5.2 – Lichtmühle (10 points)

Passend zur Weihnachtszeit: ergänzen Sie die Überlegungen zum Lichtdruck aus der Vorlesung mit dem bisher vergessenen Beitrag der Luft zu den Kräften in einer Lichtmühle. Schätzen Sie den Temperaturanstieg eines geschwärzten Metallplättchens in Luft ab (experimentell: durch Anfassen) und berechnen Sie unter der Annahme, dass die umgebende Luft im thermischen Gleichgewicht ist (das bedeutet zwei verschiedene Temperaturen auf der versilberten und der geschwärzten Seite!) die Druckdifferenz und die Kraft, die die Lichtmühle antreibt.