

---

## Theoretische Physik I (Lehramt) – Blatt 14

---

Wintersemester 2022/23

Webpage: [http://www.thp.uni-koeln.de/~rk/tp1\\_22.html/](http://www.thp.uni-koeln.de/~rk/tp1_22.html/)

Abgabe: bis **Mittwoch, 01.02.23, 10:00** in elektronischer Form per ILIAS unter  
[https://www.ilias.uni-koeln.de/ilias/goto\\_uk\\_crs\\_4872329.html](https://www.ilias.uni-koeln.de/ilias/goto_uk_crs_4872329.html)

### 55. Zur Diskussion

0 Punkte

- Folgern Sie aus den Maxwell'schen Gleichungen die Existenz elektromagnetischer Wellen, die sich im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten
- Warum sind elektromagnetische Wellen transversal polarisiert?
- Welchen Zusammenhang gibt es zwischen Energiedichte und Energiestromdichte einer sich im Vakuum ausbreitenden elektromagnetischen Welle?
- Wie lautet der Energiesatz der Elektrodynamik?

### 56. Induktivität einer Spule

4 × 4 = 16 Punkte

Ein zeitlich veränderlicher Strom  $I(t)$  in einer Spule verursacht ein zeitabhängiges Magnetfeld. Damit wird die Spule von einem zeitabhängigen magnetischen Fluss durchsetzt, was nach dem Induktionsgesetz in ihr eine Induktionsspannung  $U(t)$  induziert. Dieser Zusammenhang wird quantitativ mittels der *Induktivität*  $L$  der Spule durch die Beziehung

$$U(t) = -L \frac{d}{dt} I(t) \quad (1)$$

beschrieben.

- Ermitteln Sie die Induktivität  $L$  einer langen Spule von Radius  $r$ , Länge  $l$  und  $N$  Windungen. Verwenden Sie dabei das Ergebnis aus Aufgabe 52), wonach im inneren der Spule die magnetische Feldstärke  $B$  bei einem Spulenstrom  $I$  durch  $B = \mu_0 NI/l$  gegeben ist.
- Zeigen Sie, dass bei einem Spulenstrom  $I$  die magnetische Feldenergie im inneren der Spule durch

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

gegeben ist (unter Vernachlässigung von Randeffekten).

- Nun stellen wir uns vor, dass in der Spule zu Zeiten  $t < 0$  ein konstanter Strom  $I_0$  fließt. Zum Zeitpunkt  $t = 0$  wird die Spule durch einen Widerstand  $R$  kurzgeschlossen, an dem damit die Spannung  $U(t) = RI(t)$  abfällt. Bestimmen Sie mittels (1) den Strom  $I(t)$  für  $t > 0$ .
- Ein elektrischer Widerstand  $R$ , der von einem Strom  $I$  durchflossen wird, entwickelt Wärme mit der Leistung  $P = RI^2$ . Zeigen Sie, dass in c) der durch das abklingende Magnetfeld induzierter Strom  $I(t)$  in dem Widerstand insgesamt die magnetische Feldenergie  $W = \frac{1}{2} LI_0^2$  in Wärme umsetzt.

## 57. Elektrische Feldstärke im Mikrowellenherd

6+3=9 Punkte

- a) Das elektrische Feld einer elektromagnetischen Welle sei durch

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{e}_2 E_0 \cos(kx_1 - \omega t) \quad (\omega = ck)$$

gegeben. Bestimmen Sie das Magnetfeld  $\vec{B}(\vec{r}, t)$ , die Energiedichte  $u(\vec{r}, t)$  und Energiestromdichte  $\vec{S}(\vec{r}, t)$  dieser Welle. Berechnen Sie auch die zeitlich gemittelte Energiestromdichte

$$\vec{S}(\vec{r}) = \frac{1}{T} \int_0^T \vec{S}(\vec{r}, t) dt, \quad T = \frac{2\pi}{\omega}.$$

- b) Im Inneren eines Mikrowellenherds denken wir uns eine Kugel von  $10\text{cm}$  Radius, in der sich aufzuwärmendes Essen befindet. Das Essen erwärmt sich aufgrund der Absorption elektromagnetischer Wellen mit einer Wärmeleistung von etwa  $P = 1\text{kW}$ . Schätzen Sie aus diesen Angaben und mit Hilfe von a) die elektrische Feldstärke der Mikrowellen auf der Oberfläche der Kugel ab.