

## 0.1 68. Hausaufgabe

### 0.1.1 Zusammenfassung der Stunde: HERTZscher Dipol

Zum Verständnis des HERTZschen Dipols gehen wir zunächst von einem einfachen elektromagnetischen Schwingkreis mit Spule und Kondensator aus.

[Grafik: Normaler elektromagnetischer Schwingkreis]

Die sich nach einer Kondensatoraufladung abspielenden Phänomene sind uns bekannt – die Kondensatorladung, die Stromstärke und die Spannung schwingen sinusförmig; die Winkelgeschwindigkeit errechnet sich über die KIRCHHOFFsche Maschenregel zu  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ .

Verkleinert man die Kondensatorkapazität und die Spuleninduktivität – beispielsweise durch Vergrößerung des Plattenabstands bzw. Verringerung der Windungszahl –, so nimmt die Frequenz zu –  $f \sim \omega \sim \frac{1}{\sqrt{LC}}$ .

[Grafik: Elektromagnetischer Schwingkreis mit weniger Spulenwindungen und größerem Plattenabstand]

Vergrößert man den Plattenabstand weiter – sagen wir auf 5 m –, ähnelt das Ergebnis immer weniger dem gewohnten Bild des Kondensators.

[Grafik: Elektromagnetischer Schwingkreis mit weniger Spulenwindungen und sehr großem Plattenabstand]

Zur weiteren Kapazitätsreduzierung kann man die Kondensatorplatten entfernen; übrig bleiben dann die Kabelenden. Um die Induktivität zu reduzieren, kann man statt einer Spule einfach das gebogene Kabel hernehmen („Windungszahl  $\frac{1}{2}$ “).

[Grafik: Gebogener elektromagnetischer Schwingkreis ohne Kondensatorplatten]

Eine weitere Reduzierung der Induktivität erreicht man durch Aufheben der Biegung – kurz: Man verwendet einen einfachen Draht, ohne Kondensator und ohne Spule.

Hierbei sind Kapazität und Induktivität delokalisiert, ähnlich wie in der Chemie die Doppelbindungen von Aromaten delokalisiert sind.

Wird ein solcher Draht – ein HERTZscher Dipol – angeregt, so strahlt er eine elektromagnetische Welle ab.

Der Name geht auf Heinrich Rudolf Hertz zurück, der als erster elektromagnetische Wellen experimentell nachweisen konnte. Zuvor wurden sie schon von Maxwell in Form der MAXWELLSchen Gleichungen, insbesondere der dritten, postuliert: Elektrische und magnetische Felder sind gekoppelt; die zeitliche Änderung des einen bewirkt die Entstehung des anderen.

Fragen:

- Bekanntlich sind physikalische Vorgänge immer im mathematischen Sinne stetig, es gibt keine sprunghaften Änderungen. Demzufolge gibt es wohl auch keine Sprungfrequenz, ab der ein Schwingkreis elektromagnetische Wellen abstrahlt – richtig?
- Die bisher betrachteten Schwingkreise (elektromagnetischer und verschiedene mechanische) zeigten große Übereinstimmungen und Symmetrien; es konnten immer Analogien zwischen den Modellen hergestellt werden.

Bei hochfrequenten elektromagnetischen Schwingkreisen scheint diese Symmetrie aber gebrochen: Hochfrequente mechanische Schwingkreise strahlen keine Wellen ab.

Gibt es eine Möglichkeit, die Symmetrie zu „retten“?

- Wie kommt es zur Abschnürung des elektromagnetischen Felds?
- Wäre die Größe des Universums nicht vernachlässigbar groß, würde dann die durch elektromagnetische Wellen abgestrahlte Energie wieder zum Dipol zurückfließen, ähnlich dem besprochenen mechanischen Modell mit einer endlichen Gummimembran? (Ist die Frage überhaupt sinnvoll?)

(Benötigte Zeit: 77 min)