

Elektromagnetische Wellen sind die Grundlage für fast jede drahtlose Informationsübertragung (vor allem über größere Strecken). Wie auch in der Mechanik (z.B. Wasserwellen, Schallwellen) gehen solche Wellen stets von Schwingungen aus (Erdbeben → Tsunami, schwingende Saite → Schallwelle).

In unserem Einführungsexperiment wird die Schwingung (Wechselstrom) von einem Frequenzgenerator bereitgestellt (der enthält einen Schwingkreis, ähnlich dem im Praktikumsversuch) und in die obere Spule gespeist.

Beschreibe Deine Beobachtung und erkläre sie!

Ergänze dazu die Zeichnung! → Lösung

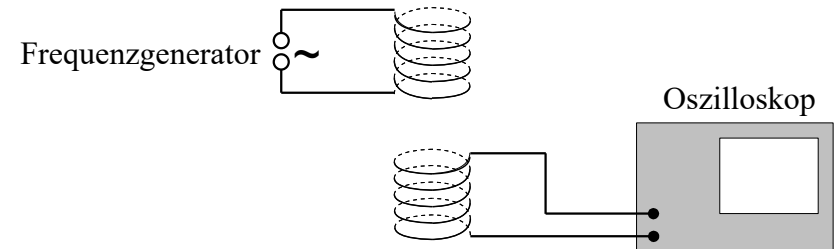
Im letzten Kapitel hast Du den Grundaufbau eines Schwingkreises kennengelernt, bestehend aus Spule und Kondensator. Doch wieviel Spule bzw. Kondensator benötigt man dafür? In der Bilderfolge wird die Anzahl der Windungen immer mehr reduziert (im 3. Bild nur noch eine halbe Wicklung, im 4. gar keine mehr), ebenso die Größe der Kondensatorplatten (im 4. Bild nur noch die Leitungsenden). Alle 4 Darstellungen stehen aber für Schwingkreise. **Wie verändert sich in dieser Bilderfolge die Frequenz, mit der der Schwingkreis jeweils schwingt (Tipp: Thomsonsche Gleichung)?**

Die folgenden Versuche führen wir alle mit einem reduzierten Schwingkreis durch (wie Bild 3), das zugehörige Gerät heißt Dezimeterwellensender. Der Empfangsschwingkreis wird entsprechend der Bildfolge nach und nach reduziert. **Beschreibe Deine Beobachtung!**

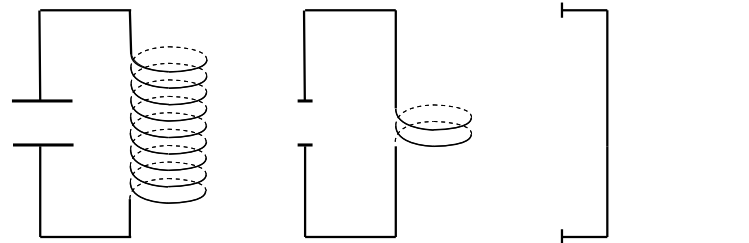
Weitere Experimente auf Leifiphysik unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Elektromagnetische Wellen – Versuche – Elektromagnetische Wellen vom Dipol.**

5.2 Erzeugen und Empfangen elektromagnetischer Wellen

Übertragung einer elektromagnetischen Schwingung



Vom Schwingkreis zum Dipol

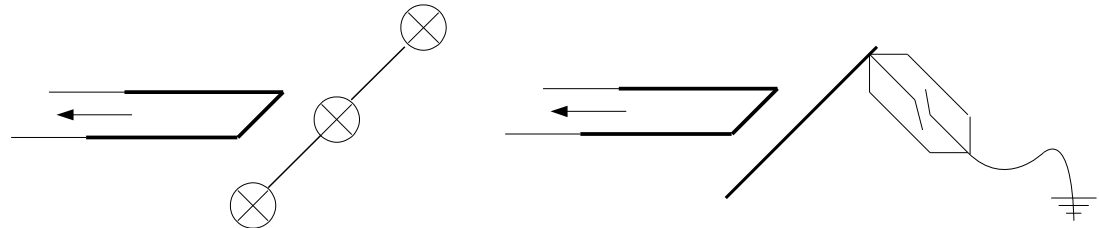


Grundversuch mit dem Dezimeterwellensender



Die Stromstärke im Dipol wird uns durch Lämpchen angezeigt, die wir in den Dipol einbauen. Die Spannungsverteilung am Dipol können wir durch eine Glühlampe darstellen, die wir von außen an den Dipol halten. **In welchem Bereich des Dipols ist die Stromstärke groß, in welchem die Spannung?** → Lösung

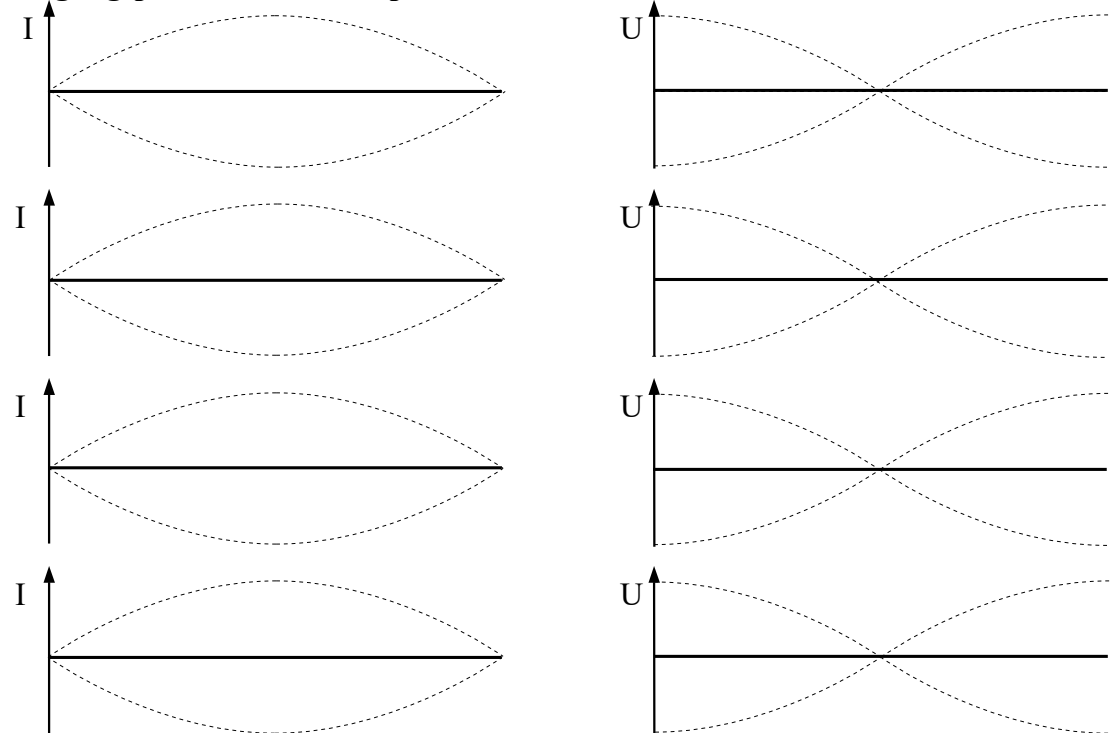
Strom und Spannung auf dem Dipol



Der Strom im Lämpchen ist allerdings nicht konstant, sondern wechselt permanent die Richtung (Wechselstrom). Daher ist seine Amplitude in bestimmten Phasen der Schwingung gleich 0, in anderen maximal. Das gleiche gilt für die Spannung. Es ergibt sich also jeweils eine stehende Welle auf dem Dipol für Stromstärke und Spannung (allerdings mit unterschiedlichen Positionen für Bäuche bzw. Knoten). Die waagrechte Linie in den Diagrammen steht jeweils für den Dipol selbst. **Zeichne farbig die Diagramme für Stromstärke bzw. Spannung für die vier verschiedenen Phasen einer vollen Periode der Schwingung. Beginne mit der Phase, in der die Spannung am linken Ende des Dipols maximal positiv ist. Achte dabei auf den Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke (Tipp: Phasen im Schwingkreis aus Kap. 5.1).** → Lösung

zum Verständnis: beim Dipol stellen die Enden einfach die Kondensatorplatten (Spannung!) des Schwingkreises dar, die Mitte des Dipols steht für die Spule (Strom!)

Schwingungsphasen auf dem Dipol



Selbst-Check:

- Übertragung der Schwingung
- vom Schwingkreis zum Dipol
- Strom und Spannung am Dipol

Auf Leifiphysik gibt's Aufgaben unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Elektromagnetische Wellen – Ausbreitung elektromagnetischer Wellen Aufgaben**. Zur Stunde passt davon „Ladungs- und Stromverteilung am Dipol“, die anderen Inhalte behandeln wir erst auf den nächsten Blättern.

Die Abstrahlung der elektromagnetischen Welle in den Raum ist eine durchaus komplizierte Angelegenheit. In einer gedanklichen Abfolge wird sie hier Schritt für Schritt erklärt. Neben dem Strom- und Spannungsverlauf am Dipol (letzte Stunde) beruht ein Verständnis für diesen Prozess auf einem naheliegenden Prinzip:

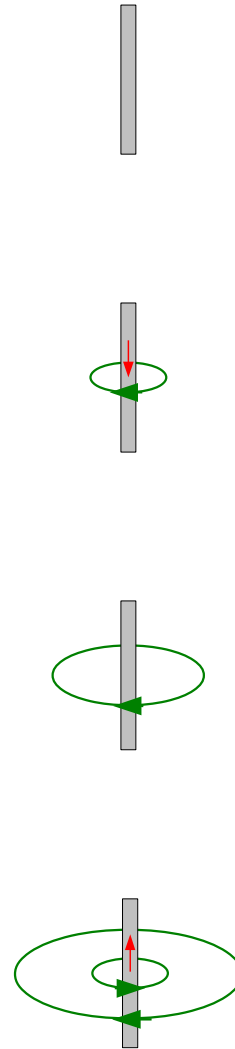
Ein elektrisches bzw. magnetisches Feld, das sich aufgrund einer Ladungsverteilung oder eines Stroms im Dipol ergibt, füllt nicht augenblicklich den gesamten umgebenden Raum aus, sondern muss sich in diesen hinein erst **ausbreiten**. Diese Ausbreitung erfolgt mit Lichtgeschwindigkeit.

- Magnetfeld Lösung
- elektrisches Feld Lösung

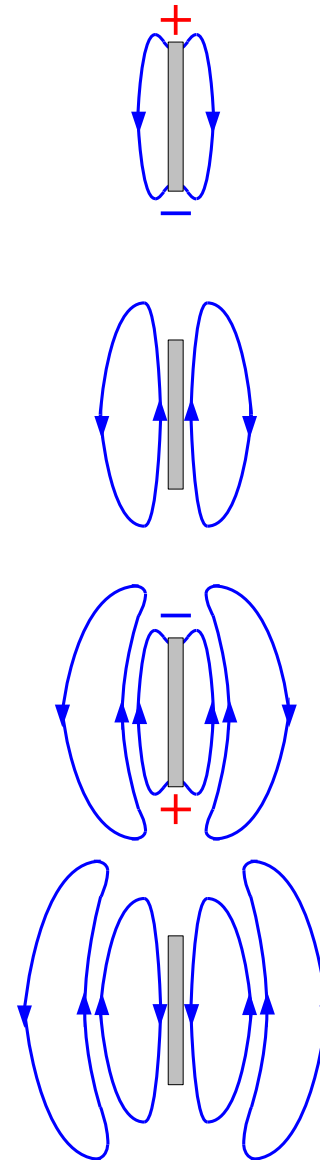
Eine Animation des elektrischen Feldes gibt's auf Leifiphysik unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Elektromagnetische Wellen – Versuche – Dipolstrahlung (Animation)**.

Abstrahlung der Welle in den Raum

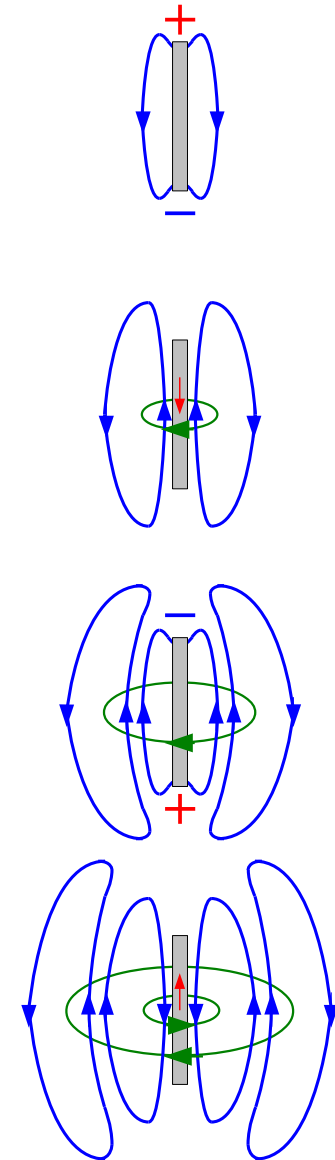
Magnetfeld allein



elektrisches Feld allein



beide Felder



Aus der Entwicklung der Felder ist ersichtlich, dass sich in der Nähe des Dipols (Nahfeld) das elektrische und das magnetische Feld zeitlich abwechseln. Weiter entfernt vom Dipol (Fernfeld) laufen elektrisches und magnetisches Feld aber zeitgleich ein. Die Veränderung der Phasenlage beider Felder zueinander ist für uns nicht so einfach nicht erklärbar (Hier sei auf eine entsprechende Vorlesung in Elektrodynamik verwiesen).

Erörtere mit Deinem Nachbarn, warum das elektrische Feld (das ist hier leider rot) stets senkrecht auf dem magnetischen Feld (das ist hier blau) steht, indem Ihr einen Bezug zu den Bildern auf der vorhergehenden Seite herstellt.

In der Grundschiwingung passt im Idealfall (Resonanz) gerade eine halbe Wellenlänge auf den Dipol. Bei bekannter Wellenlänge können wir also einen Dipol dazu maßgeschneidert bauen.

Formuliere den Zusammenhang zwischen Wellenlänge λ und Dipollänge l mit einer Formel!

Erinnerst Du Dich noch an die Formel von Wellenlänge, Frequenz und Ausbreitungsgeschwindigkeit?

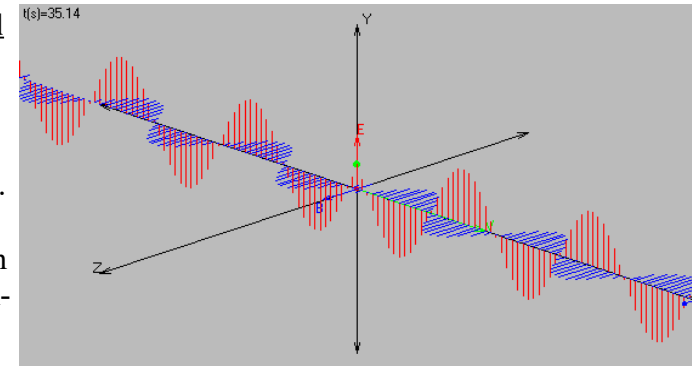
Unser abgestimmter Dipol ist 32 cm lang. Berechne daraus die Frequenz des verwendeten Senders!

Selbst-Check:

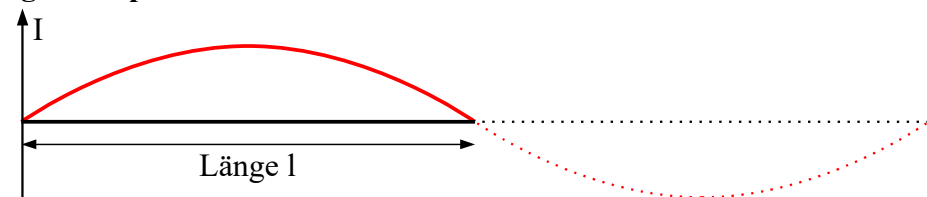
- Ausbreitung von elektrischem und magnetischem Feld am Dipol
- Nahfeld – Fernfeld
- Dipollänge und Wellenlänge

Ausbreitung der Welle im Fernfeld

Weiter entfernt vom (senkrechten) Dipol laufen elektrisches und magnetisches Feld phasengleich (gleichzeitig maximal bzw. minimal). Die Zeichnung zeigt die Ausbreitung in x-Richtung. Sie erfolgt identisch in allen Richtungen der Ebene, die senkrecht zum Dipol verläuft (in der Zeichnung also waagrechte Ebene).



Abstimmung des Dipols



In der Grundschiwingung entspricht die Dipollänge einer halben Wellenlänge:

Wellenlänge, Frequenz und Ausbreitungsgeschwindigkeit hängen zusammen:

Zum Rechnen passt S.184/19, zum Erklären S.184/17. Auf Leifiphysik unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Elektromagnetische Wellen – Ausbreitung elektromagnetischer Wellen Aufgaben** passen z.B. „Schwingkreis und Wellen“ sowie „Strahlungscharakteristik beim Dipol“ gut zur Stunde.