

Informationsübertragung mit elektromagnetischen Wellen (Teil I)

Dr. Rolf Winter, Potsdam

Skizzen zu den Versuchen: W. Zettlmeier



Abb. 1: Löwe-Radio von 1926



Abb. 2: modernes UKW-Röhrenradio mit 28 Röhren

© INTERFOTO / TV-Yesterday

Foto: Jörg Borchers. Quelle: <http://www.jogis-roehren-bude.de/Leserbriefe/Hammer/Hammer.htm>

II/C

Alte Radioempfänger trugen ihre wichtigsten Bauteile als Schmuck: eine Spule und eine Röhre. Mit einem Regler konnte man die Kapazität eines Drehkondensators so einstellen, dass sich ein bestimmter Sender empfangen ließ (links). Auch bei modernen Empfängern ist der Restostil wieder gefragt (rechts). Wir beschreiben in diesem Beitrag nicht nur die physikalischen Grundlagen von elektromagnetischen Wellen, sondern gehen auch auf solche **Anwendungen** und interessante Schüler- bzw. Lehrerexperimente ein.

Elektromagnetische Wellen ermöglichen eine weltweite Kommunikation!

Der Beitrag im Überblick

Klasse: 11/12

Dauer: 8 Stunden

Ihr Plus:

- ✓ viele Experimente
- ✓ Demonstration der Eigenschaften elektromagnetischer Wellen

Inhalt:

- Entstehung elektromagnetischer Wellen
- Dipole und ihre Eigenschaften
- Ausbreitung elektromagnetischer Wellen
- Modulation und Demodulation
- Experimente zur Erzeugung elektromagnetischer Wellen
- Prinzip der Informationsübertragung mit elektromagnetischen Wellen

Eine Alternative zu den Realexperimenten sind **interaktive Bildschirmexperimente (IBE)**. Sie stellen eine Weiterentwicklung des Realfilms dar und ermöglichen das Experimentieren am Computerbildschirm. Beispiele zum Thema elektromagnetische Wellen finden Sie im Internet (siehe Mediathek).

Ein Element der **Binnendifferenzierung** ist Material **M 8**.

Bezug zu den Physik-Lehrplänen (Beispiele)

Im Physik-Lehrplan der gymnasialen Oberstufe von Brandenburg finden Sie folgende Stichworte:

- elektromagnetische Schwingungen und Wellen,
- die Schüler erläutern qualitativ die Erzeugung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen am offenen Schwingkreis,
- die Schüler erklären qualitativ, wie Signale mithilfe elektromagnetischer Wellen übertragen werden können.

Im Lehrplan von Nordrhein-Westfalen werden im Inhaltsfeld „Elektrik“ elektromagnetische Schwingungen und Wellen untersucht.

Der Lehrplan von Bayern sieht für die Jahrgangsstufe 11/12 vor: „11.5 Elektromagnetische Schwingungen und Wellen (ca. 24 Std.)“.

Der Lehrplan von Hessen schreibt zum Thema „Mechanische und elektromagnetische Wellen“: charakteristische Größen (Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge, Frequenz), Eigenschaften, Kommunikationstechnik.

Themen in der Jahrgangsstufe 11 in Sachsen sind: Dipol und Hertz'sche Wellen, Eigenfrequenzen eines Dipols, Senden und Empfangen Hertz'scher Wellen, Elektromagnetisches Nah- und Fernfeld, Eigenschaften Hertz'scher Wellen.

Bezug zu den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz

Allg. physikalische Kompetenz	Inhaltsbezogene Kompetenzen Die Schüler ...	Anforderungsbereich
F 1, F 2, B 1, K 1, K 3, K 7	... können hinsichtlich der Eigenschaften von elektromagnetischen Wellen Vergleiche zu den mechanischen Wellen ziehen (M 1),	I–III
F 4, B 2, K 3	... kennen den Begriff „elektromagnetische Welle“ und können ihn aus den elektromagnetischen Schwingungen ableiten (M 2),	I, II
F 1, F 3, E 3, E 5	... können das Prinzip der Informationsübertragung mithilfe elektromagnetischer Wellen erklären (M 4),	I–III
E 7, E 8, E 9, E 10	... können physikalische Fragestellungen und Zusammenhänge zwischen mehreren physikalischen Größen mittels eines vorstrukturierten Experiments untersuchen (M 3, M 7, M 9),	I, II
K 5, K 6	... interpretieren experimentell gewonnene Daten im Hinblick auf die Fragestellung (M 3, M 7, M 9).	I, II

Für welche Kompetenzen und Anforderungsbereiche die Abkürzungen stehen, finden Sie auf der beiliegenden CD-ROM 42.

M 1 Frischen Sie Ihr Wissen auf!

Zum Thema elektromagnetische Wellen benötigen Sie **Vorkenntnisse** zu folgenden Themen:

- elektrisches und magnetisches Feld,
- hochfrequente elektromagnetische Schwingungen,
- Resonanz von Schwingkreisen,
- mechanische Wellen,
- Halbleiterdioden,
- Frequenzfilter.



II/C

Aufgaben

1. Beschreiben Sie das elektrische und das magnetische Feld.

Tipp

Verwenden Sie die Begriffe „elektrische Ladung“, „Kräfte zwischen geladenen Körpern“, „Feldlinien“ bzw. „Feld um stromdurchflossene Leiter“, „Materie im Magnetfeld“.

2. Wie kann man hochfrequente elektromagnetische Schwingungen erzeugen und nachweisen?
3. Was versteht man unter der „Resonanz“ von Schwingkreisen? Wodurch ist sie gekennzeichnet?

Tipp

Verwenden Sie die Begriffe „Anregung“, „schwingungsfähiges System“, „Eigenfrequenz“, „Erregerfrequenz“.

4. Beschreiben Sie die Kenngrößen harmonischer mechanischer Wellen.

Tipp

Verwenden Sie die Begriffe „Amplitude“, „Wellenlänge“, „Frequenz“ und „Ausbreitungsgeschwindigkeit“.

Für Experten

Wie lautet die Gleichung für eine fortschreitende harmonische mechanische Welle?

5. Erklären Sie den Begriff „stehende Welle“.

Tipp

Verwenden Sie das Beispiel einer stehenden Seilwelle.

6. Erklären Sie Aufbau und Wirkungsweise einer Halbleiterdiode.

Tipp

Verwenden Sie die Begriffe „pn-Übergang“, „Grenzschicht“, „Durchlass- und Sperrrichtung“.

Für Experten

Warum sind für Hochfrequenzanwendungen nur Dioden mit kleiner Sperrschichtkapazität geeignet?

7. Beschreiben Sie Aufbau und Wirkungsweise von Frequenzfiltern.

Tipp

Verwenden Sie die Begriffe „Hochpass“, „Tiefpass“ und „Bandpass“.

M 3 Fortsetzung

Zur Selbstkontrolle

Verwendet man einen Empfangsdipol mit drei Glühlampen, erkennt man, dass in der Mitte des Dipols ein Strombauch existiert, denn nur die mittlere Lampe leuchtet hell, während die beiden an den Dipolenden nur ganz schwach leuchten.

Das bedeutet, dass die elektrische Stromstärke in der Mitte des Dipols maximal ist.

Bei der Leuchtstofflampe leuchten die Enden hell, in der Mitte hingegen bleibt sie dunkel. Das bedeutet, dass dort die elektrische Spannung minimal ist.

Merke

Im $\lambda/2$ -Dipol bildet sich eine stehende elektromagnetische Welle aus, die in der Mitte des Dipols einen Spannungsknoten und an den Enden je einen Spannungsbauch besitzt.

Bei der Stromstärke ist es umgekehrt:

In der Mitte des Dipols befindet sich ein Strombauch und an den Enden jeweils ein Stromknoten.



II/C

Aufgaben

1. Im Experiment wird die Energie einer elektromagnetischen Welle genutzt, um eine Glühlampe bzw. eine Leuchtstofflampe zum Leuchten zu bringen. Auch in der Nähe starker Radio- bzw. Fernsehsender könnte man genügend Energie empfangen, um eine Glühlampe oder eine Leuchtstofflampe zu betreiben.

Begründen Sie, warum dies streng verboten ist.

Für Experten

2. Begründen Sie, warum bei dem Empfangsdipol die beiden Glühlampen an den Dipolenden leuchten, obwohl kein geschlossener Stromkreis vorliegt (ein Anschluss der Lampen hängt jeweils „in der Luft“).
3. Erklären Sie, warum die Leuchtstofflampe nach dem Zünden weiter leuchtet, obwohl sie keinen elektrischen Anschluss besitzt.