

## Mikrowellen

### Aufgabenstellung:

Die Ausbreitungseigenschaften von Mikrowellen als A) laufende Welle, und B) stehende Welle werden untersucht.

### Experimentelle Vorgangsweise:

Die Mikrowelle mit einer Frequenz von 9.35(1) GHz wird vom einem Richtstrahlsender erzeugt. Mit einer Halbleiter-Diode als Empfänger kann die Mikrowelle detektiert werden, wobei als Anzeigergerät ein in Serie mit der Diode angeschlossener Mikroamperemeter dient. Die Anordnung ist auf einer optischen Bank montiert.

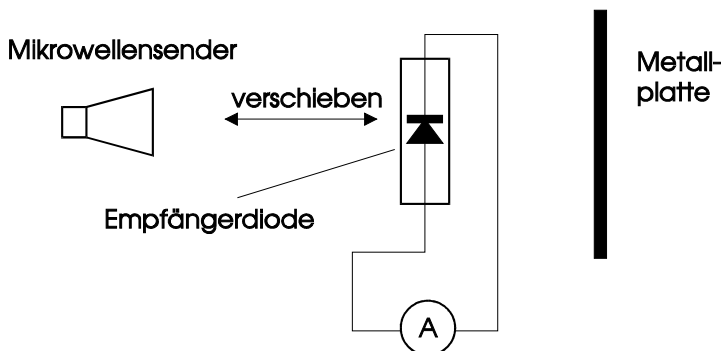


Abb. 1: Meßaufbau zur Messung der laufenden (ohne Metallplatte) und der stehenden Mikrowelle (mit Metallplatte)

**A) Laufende Mikrowelle:** Zunächst wird ohne Reflexionsplatte das Stromsignal  $I$  am Empfänger als Funktion des Abstandes  $r$  zum Sender gemessen. Der Empfänger steht zunächst 50 cm vom Sender entfernt, dann wird er in cm-Schritten in Richtung Sender bewegt. Der Diodenstrom  $I$  ist bei jedem Schritt aufzunehmen.

**B) Stehende Mikrowelle:** Dann wird für eine feste Position des Detektors vom Sender ( $r = 30$  cm) der Diodenstrom  $I$  des Detektors gemessen, wenn eine Metallplatte, welche sich hinter dem Detektor befindet, in Schritten von 2 mm über eine Strecke  $s$  von 8 cm verschoben wird. Bei jedem Schritt ist der Diodenstrom  $I$  aufzunehmen, woraus sich das Bild

einer stehenden Welle ergeben muß. Die angegebenen Entfernungen beziehen sich immer auf die linke Kante der Doppelmuffe.

### Auswertung:

**zu A):** Der Detektorstrom  $I$  ist in einem Diagramm als Funktion des Abstandes  $r$  zu visualisieren. Meßfehler sind abzuschätzen und die Ergebnisse sind zu diskutieren. Nach welcher Funktion von  $r$  nimmt der Stromsignal ab?

**zu B):** Aus der Darstellung der Signalintensität  $I$  als Funktion der Position  $s$  der Metallplatte, die eine oszillierende Funktion mit  $N+1$  Maxima ergeben muß, wird aus dem Abstand  $s = N \lambda / 2$  zwischen dem 0-ten und dem  $N$ -ten Signalmaximum der *stehenden* Welle die Wellenlänge  $\lambda$  der Mikrowelle bestimmt. Aufgrund der Fehlerfortpflanzung ist die relative Genauigkeit  $\Delta\lambda/\lambda$  der Wellenlänge  $\lambda$  gegeben durch  $\Delta\lambda/\lambda = \Delta s/s$ .

Aus der zugehörigen Frequenz ( $\nu = 9,35(1)$  GHz) soll die Lichtgeschwindigkeit  $c$  über die Beziehung

$$c = \lambda \nu$$

ermittelt werden (analog zur Übung Schallwellen). Aufgrund der Fehlerfortpflanzung ist der relative Fehler  $\Delta c/c$  der Lichtgeschwindigkeit  $c$  gegeben durch

$$\Delta c/c = \Delta\lambda/\lambda + \Delta\nu/\nu$$

### Vorbereitung:

- H. Tritthart, *Medizinische Physik und Biophysik*, 2001, Schattauer GmbH Stuttgart
  - Kap. 2.1.6 Schwingungen und Wellen; Elastische Welle; Schwingung; Vibrationen; Dämpfung; Kap. 5.4.8 Elektromagnetische Wellen; Kap. 5.4.9 HF-Therapie
- W. Hellenthal: *Physik für Mediziner und Biologen*, 7. Auflage 2002, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft
  - Kap. 5.1 Schwingungen; Kap. 5.1.5 Überlagerung von Schwingungen; Kap. 5.2.1 Wellenausbreitung; Kap. 5.2.2 Transversale und longitudinale Wellen; Kap. 7 Elektromagnetische Schwingungen und

Wellen; Kap. 7.1.2 Analogien elektromagnetischer und mechanischer Vorgänge; Kap. 7.2 Wellen; Kap. 7.2.1 Dipol-Schwingungen; Kap. 7.2.2 Elektromagnetische Wellen; Kap. 8.2.2 Reflexion; Kap. 8.2.3 Brechung (Refraktion), Dispersion und Totalreflexion;

- Trautwein, Kreibig, Oberhauser, Hüttermann: *Physik für Mediziner, Biologen, Pharmazeuten*, 5. Auflage 2000, Walter de Gruyter
  - Kap. 6 Schwingungen; Kap. 6.5.1 Überlagerung von harmonischen Schwingungen; Kap. 18 Wellen Teil 2: Wellenoptik; Kap. 18.1 Interferenz von Wellen; Kap. 18.3 Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in Materie; Kap. 18.3.1 Der Brechungsindex und das Brechungsgesetz; Kap. 19.3.6 Totalreflexion;
- *Physikalische Grundlagen der Messtechnik*, Teil 1, 2 und 6
- Wellenphänomene: <http://www.physics.nwu.edu/ugrad/vpl/waves/wavetypes.html>
- Überlagerung von Wellen, Schwebung: <http://www.physics.nwu.edu/ugrad/vpl/waves/superposition1.html> bzw. <http://www.physics.nwu.edu/ugrad/vpl/waves/superposition2.html>
- Reflektion von Wellen, stehende Welle: <http://www.physics.nwu.edu/ugrad/vpl/waves/wavereflection.html>

#### **Anwendungsbeispiele für die physikalischen Begriffe *Mikrowelle***

- Mikrowellenherd, GSM-Handy