

Lecherleitung

Versuchsprotokoll vom Do., 19.06.08, 1.- 6.Std
Natalja und Nikolaj Kehl

Ziel: Bestimmung der Wellenlänge

Versuch 1: Offene und Kurzgeschlossene Lecherleitung

Material:

- 1 Dezimeterwellensender
- 1 Lecher- System mit Zubehör
- 1 Feldindikatorlampe
- 1 Stabilisiertes Netzgerät von 0 Volt bis 300 Volt
- 1 Kleiner Stativfuß, V-förmig
- 2 Sockel
- 1 Rollbandmaß

Kurze Definition der Lecherleitung:

Lecherleitung ist ein Wellenleiter aus zwei parallel geführten Drähten, deren Durchmesser klein im Vergleich zum Abstand der Drähte ist. Wird auch zum Leiten der Radiowellen benutzt.

Versuchsaufbau / Durchführung:

Auf einem Tisch platziert man das Netzgerät, das mit dem Dezimeterwellensender verbunden wird. Das Lecher- System wird so angebracht, dass das System eine Verlängerung des Dezimeterwellensenders darstellt. Das offene Lecher- System wird mit dem geschlossenen Anfang etwa über der Mitte des Senderbügels des Generators so angebracht, dass die Feldindikatorlampe wenige Zentimeter vom Senderbügel entfernt, maximal aufleuchtet. Die beiden zueinander parallelen Leitungen haben den Abstand von 2 cm. Die Länge dieser Leitungen beträgt 84 cm.

Auf den Anfang der Lecherleitung wird eine Wechselspannung gegeben. Die im Dezimeterwellensender angeregten dm-Wellen werden an die Lecherleitung weiter gegeben. Daher kann man mit Hilfe der Feldindikatorlampe ein Aufleuchten innerhalb bestimmter Abstände feststellen. Diese Abstände versucht man mit Hilfe eines Rollbandmaßes zu bestimmen.



Aufgebautes Lecher -System

Auswertung:

Die hochfrequente Wechselspannung wird mit

$$U = U_0 \cdot \sin \omega t$$

auf die Leitung gegeben, die sich mit der Geschwindigkeit v entlang der Lecherleitung bewegt, so dass an der Stelle x eine Spannung von

$$U = U_0 \cdot \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

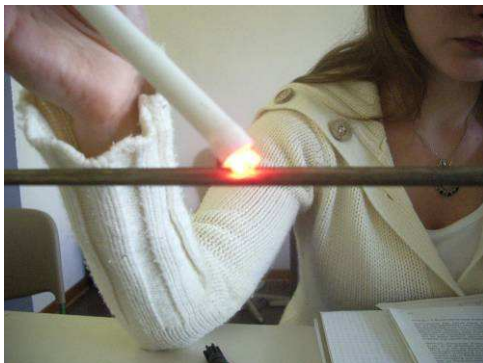
entsteht.

Führt man die Feldindikatorlampe über das Lecher- System, so treten drei Spannungsbäuche auf. Bei der Reflexion der hinlaufenden Spannungswelle bildet sich eine stehende elektromagnetische Welle:

$$U = 2 U_0 \cdot \cos \left(\omega \cdot \frac{x}{v} \right) \cdot \sin \omega t ,$$

wobei x der von der offenen Stelle gemessene Abstand ist.

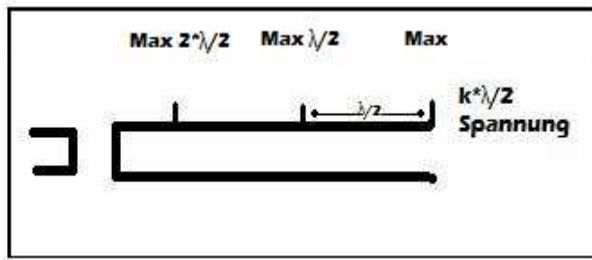
Man berechnet den Abstand zwischen zwei Spannungsbäuchen, dieser beträgt $\lambda/2 = 34,57 \text{ cm}$. Danach misst man eine Wellenlänge von $\lambda = 69,14 \text{ cm}$, indem man den Abstand vom ersten Aufleuchten der Indikatorlampe bis zum zweiten Aufleuchten dieser misst.



Feststellung eines Maximums



Maxima



Spannungsverteilung bei der offenen Lecherleitung



Lecherleitung mit einem offenen Ende

Bei der geschlossenen Lecherleitung entsteht am kurzgeschlossenen Ende eine reflektierte Spannungswelle, die zur hinlaufenden Welle eine Phasenverschiebung π besitzt:

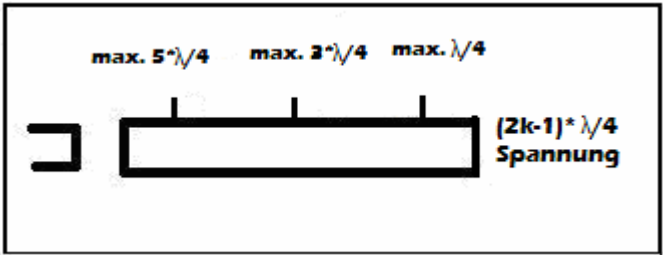
$$U = -U_0 \cdot \sin\left(\omega\left(t + \frac{x}{v}\right)\right).$$

Die reflektierte Spannungswelle interferiert mit der einfallenden, so dass eine stehende Welle entsteht mit:

$$U = -2 U_0 \cdot \sin\left(\omega \cdot \frac{x}{v}\right) \cdot \cos \omega t ,$$

Sowohl bei der offenen als auch bei der kurzgeschlossenen Lecherleitung ist die Wellenlänge λ und auch der Abstand zweier Maxima gleich. Die Spannung verteilt sich jedoch bei der kurzgeschlossenen Leitung anders, als bei der offenen. Bei der offenen haben wir die Formel:

$k \cdot \frac{\lambda}{2}$ für die Verteilung der Maxima. Bei der geschlossenen Lecherleitung stellen wir eine andere Verteilung fest, die man mit $(2k - 1) \cdot \frac{\lambda}{4}$ beschreiben kann.



Spannungsverteilung bei der kurzgeschlossenen Lecherleitung



Lecherleitung mit einem geschlossenen Ende

Ziel: Messung der Lichtgeschwindigkeit und Wellenlänge im Wasser

Versuch 2:

- 1 Wassertank mit 2 Glühlampen
- Destilliertes Wasser
- 1 Dezimeterwellensender
- 1 stabilisiertes Netzgerät von 0 bis 300 Volt

Versuchsaufbau/Durchführung:

Am Netzgerät bleibt der Dezimeterwellensender angeschlossen. Dann wird das Lecher-System durch einen Wassertank ausgetauscht. Der Wassertank hat die Maße $33 \cdot 12 \cdot 5 \text{ cm}^3$ und steht mit seiner längsten Seite parallel zum Dezimeterwellensender. Die beiden Glühlampen sind auf der Fläche $33 \cdot 12 \text{ cm}^2$ mittig übereinander angebracht und besitzen einen Abstand von ca. 5 cm. An dem unteren Lämpchen D1 ist ein Dipol innerhalb des Wassertankes von ungefähr 32 cm montiert. Am oberen Lämpchen D2 ist ebenfalls ein Dipol der Länge $l = 6 \text{ cm}$ angebracht.

Man weist elektromagnetische Wellen in Medien wie Luft und Wasser nach.

In Luft: Man gibt eine Wechselspannung von 300 Volt auf das Gerät und beobachtet, dass nur das untere Lämpchen leuchtet.

In Wasser: Man nimmt destilliertes Wasser und füllt es in den Wassertank, wobei die Spannung immer noch auf das Gerät gegeben wird und das untere Lämpchen leuchtet. Nun füllt man langsam Wasser in den Tank und das untere Lämpchen erlischt sofort. Füllt man das Wasser weiter bis zum oberen Lämpchen auf, so fängt dieses an zu leuchten und das untere Lämpchen bleibt aus.

Auswertung:

Beim Einschalten der Spannung leuchtet das untere Lämpchen D1 auf, während sich im Wassertank nur Luft befindet. Dieses Aufleuchten erfolgt dadurch, dass die Länge des Dipols von D1 ungefähr dieselbe Länge hat, wie $l = \lambda/2 \approx 34 \text{ cm}$ der gesendeten elektromagnetischen Wellenlänge. Im unteren Dipol entsteht eine stehende Welle.

In Wasser erlischt D1 und D2 leuchtet erst dann auf, wenn das Wasser den zweiten Dipol erreicht.

Daraus schließt man, dass die elektromagnetische Wellenlänge in Wasser kürzer ist als in Luft. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist dementsprechend in Wasser kleiner als in Luft.



Aufleuchten des Lämpchen D1



Füllen mit destilliertem Wasser. Lämpchen D1 leuchtet



Lämpchen D1 erlischt. Destilliertes Wasser über dem Metallstab



Lämpchen D2 leuchtet. Destilliertes Wasser befindet sich über D2

Berechnung von C_{H_2O} :

$$C_{Luft} = \lambda_{Luft} \cdot f_{Luft}$$

$$C_{H_2O} = \lambda_{H_2O} \cdot f_{H_2O}$$

$$\rightarrow \text{wegen } f_{Luft} = f_{H_2O} \rightarrow C_{H_2O} = \frac{\lambda_{H_2O}}{\lambda_{Luft}} \cdot C_{Luft}$$

$$\rightarrow C_{H_2O} = \frac{6}{34} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\rightarrow C_{H_2O} = 5,3 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$