

13. Übung zur Medizophysik

SS 2014

Ausgabe: 30.06.2014

Abgabe: bis 07.07.2014 16:00 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

Aufgabe 1: Richtungshören

3 Punkte

Eine Schallquelle rotiert im Kreis um eine Person. Nehmen Sie an, dass der Abstand der Schallquelle zu der Person viel größer ist als der Abstand der Ohren. Die Schallgeschwindigkeit in Luft beträgt $c = 330 \text{ m/s}$ und der Abstand der Ohren zueinander soll 18 cm betragen.

- a.) Zeichen Sie das Verhalten der Winkelabhängigkeit gegenüber dem Gangunterschied der Weglänge des Signals an den beiden Ohren. Geben Sie das Intervall an, indem der Gangunterschied der Weglänge liegt.
- b.) Das Gehör kann Laufzeitdifferenzen von ca. $10 \mu\text{s}$ unterscheiden. Wie groß ist der minimale Winkelunterschied die eine Person erfassen kann?
- c.) Die Quelle sendet ein sinusförmiges Signal aus. Welcher Frequenz entspricht das Maximum des Gangunterschieds?
- d.) Wieso funktioniert die Richtungsortung unter Wasser nicht mehr?

Aufgabe 2: Impedanzanpassung mit Wasser im Ohr

3 Punkte

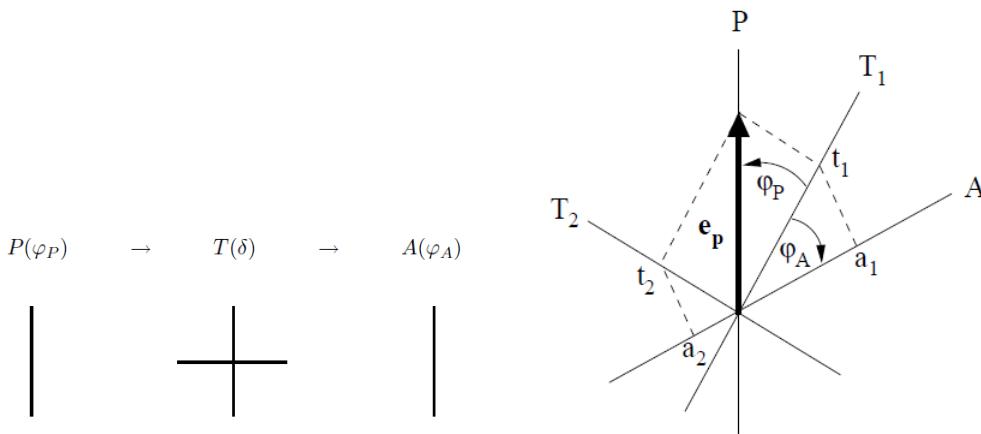
In der Vorlesung wird vorgestellt, wie das Ohr eine Impedanzanpassung über das Mittelohr und die Gehörknöchel durchführt. Erklären Sie, warum eine Person die beim Tauchen Wasser im Ohr hat, die Töne die außerhalb des Wassers emittiert werden, nur dumpf wahrnimmt. [$Z_{\text{Innenohr}} = 1,69 \cdot 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$; $Z_{\text{Wasser}} = 1,48 \cdot 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$; $Z_{\text{Luft}} = 414 \text{ kg/m}^2\text{s}$]

- a.) Leiten Sie einen Ausdruck für die Transmission an einer beliebigen Grenzschicht her. Gehen Sie dabei von der Energieerhaltung sowie der Stetigkeit für die Auslenkungen aus.
- b.) Passen Sie diesen Ausdruck bezüglich der im Mittelohr durchgeföhrten Verstärkung der Auslenkung ($\alpha = 22$) an.
- c.) Wieviel Prozent, des außerhalb des Wassers emittierten Schalls, wird an den Grenzflächen reflektiert, wenn der Taucher sich unter Wasser befindet? Wie groß wäre der im Innenohr wahrgenommene Schalldruckpegel eines außerhalb des Schwimmbeckens platzierten 40 Watt Lautsprechers mit 10% Wirkungsgrad im Abstand von 4 m. Bestimmen Sie diesen mit und ohne „Wasser im Ohr“?

Aufgabe 3: Polarisationsbestimmung

3 Punkte

Die meisten Menschen sind in der Lage den Polarisationszustand des Lichts in gewissem Maße zu erkennen. Zur Modellierung dieses Phänomens, das unter dem Namen Haidinger-Büschen bekannt ist, soll ein System aus einem Linearpolarisator P und einem perfekten Analysator A betrachtet werden. Das Haidinger-Büschen erlaubt die Identifikation der Hauptachsen zwischen A und P. Bei einem Hellbild sind die Richtungen der auf A und P bezogenen Haidinger-Büschen parallel und bei einem Dunkelbild stehen die Richtungen senkrecht aufeinander. Der Effekt wird sichtbar sobald ein optisches Doppelbrechendes Mittel zwischen A und P eingesetzt wird. Dies wird als Transformator T bezeichnet und kann bereits einfache Frischhaltefolie, Tesafilm etc. sein. Durch den Transformator variieren die Hell- bzw. Dunkelgrade des Bildes in Abhängigkeit der Winkelrichtung. Ausschlaggebend für den Transformator ist die Doppelbrechung, dass bedeutet das der Einheitsvektor von P e_P sowohl auf e_{t1} als auch auf e_{t2} projiziert wird. Um ein Maß für die Doppelbrechung hinzuzufügen wird die T_2 -Achse mit einem komplexen Phasenfaktor $e^{-i\delta}$ multipliziert, der die Schichtdicke δ des Transformators enthält. Im nächsten Schritt werden die beiden Achsen T_1 und T_2 auf A projiziert, siehe Abbildung(1).



(a) Schematische Darstellung der Umwandlung (b) Hintereinanderausführung der vier Skalarprodukte.

Abbildung 1: Funktionsweise des Projektion von P nach A über einen Transformator.

- Geben Sie die Achsenabschnitte t_1 und t_2 an.
- Geben Sie die Achsenabschnitte a_1 und a_2 an.
- Das Produkt $I_0(a_1 + a_2)(a_1 + a_2)^* = I$ ist ein Maß für die Helligkeit des Bildes.
Bestimmen Sie $I(\phi_P, \phi_A, \delta)$ und $I(\phi_P, \phi, \delta)$ mit $\phi = \phi_A - \phi_P$.
- Nehmen Sie an, dass $\delta = 2\pi n/16$ sei. Für welche n wird die Intensität maximal bzw. minimal?