

4. Übung – Georadar

1. In dieser Aufgabe sollen Sie sich mit den Grundlagen der Georadar-Methode vertraut machen.
 - a) Erklären Sie, auf welchem Prinzip Georadarmessungen beruhen.
 - b) Welche Anwendungen der Georadar-Methode kennen Sie?
 - c) Welche Materialeigenschaften des Gesteins beeinflussen die Geschwindigkeit der Radarwellen?
 - d) Welcher Frequenzbereich des elektromagnetischen Spektrums wird verwendet?
 - e) Warum lassen sich Georadardaten mit den gleichen Methoden auswerten, die Sie aus der Seismik kennen und worin liegt der entscheidende Unterschied zur Seismik?

Hinweis: Sie können für die Lösung gerne im Internet recherchieren oder in einem Buch nachschlagen.

2. Georadar-Antennen haben eine Nominalfrequenz, strahlen ihre Energie aber immer über eine gewisse Bandbreite ab, deren mittlere Frequenz bei der Nominalfrequenz der Antenne liegt. Bei dieser Frequenz wird also das Maximum der Energie abgegeben. Berechnen Sie für drei Georadar-Antennen mit den Nominalfrequenzen $f_1 = 120$ MHz, $f_2 = 500$ MHz, $f_3 = 900$ MHz Pulslängen, Wellenlängen, sowie vertikales Auflösungsvermögen in feuchter Erde. Die relative elektrische Permittivität (Dielektrizitätszahl) beträgt in feuchter Erde $\epsilon_R = 16$ und in Kalkstein $\epsilon_R = 7.4$.

Hinweis: Die Nominalfrequenz ist umgekehrt proportional zur Pulslänge. Berechnen Sie also zunächst die Pulslänge als Kehrwert der Nominalfrequenz und anschließend aus Pulslänge bzw. Frequenz und Geschwindigkeit die Wellenlänge. Die Geschwindigkeit erhalten Sie aus der Beziehung $v = c/\sqrt{\epsilon}$, wobei $c = 3 \cdot 10^8$ m/s für die Geschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen im Vakuum steht. Die theoretische vertikale Auflösung entspricht einem Viertel der Wellenlänge.

3. An einer Grenzfläche zwischen zwei Schichten werden elektromagnetische Wellen reflektiert. Das Reflexionsvermögen wird durch den Reflexionskoeffizienten R beschrieben:

$$R = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_2} + \sqrt{\epsilon_1}} \quad (1)$$

Hier sind ϵ_1 und ϵ_2 die relativen elektrischen Permittivitäten der Schichten 1 und 2.

- a) Bei einer Messung auf einem Gletscher besteht Schicht 1 aus Eis und hat eine relative elektrische Permittivität $\epsilon_R = 4$. Die relative Permittivität der Gletscherbasis (Fels) beträgt $\epsilon_R = 5$. Berechnen Sie den Reflexions- und Transmissionskoeffizienten.

- b) Wie ändern sich Reflexions- und Transmissionskoeffizient, wenn über der Eisschicht noch eine Schicht Schnee liegt (trockener Schnee: $\epsilon_R = 2$, feuchter Schnee: $\epsilon_R = 3$)?

Hinweis: Hier liegt also ein Drei-Schicht-Fall vor. Reflexion und Transmission müssen an jeder Grenzschicht getrennt berechnet werden. Der Anteil, der an der oberen Schichtgrenze in das Medium transmittiert wird, kann dann an der zweiten Schichtgrenze entweder reflektiert oder in das dritte Medium transmittiert werden. Rechnen Sie mit den Beträgen der Werte. Führen Sie zwei getrennte Rechnungen für feuchten und trockenen Schnee durch.

4. In dieser Aufgabe werten Sie die Messdaten einer Georadarmessung auf einem Gletscher aus.

- a) Sie messen auf einem Gletscher mit der Georadar-Methode die Dicke des Gletschereises. Sie registrieren das Echo von der Gletscherbasis nach $t = 2500$ ns. Der Gletscher bestehe aus einer Schicht Eis mit einer relativen Permittivität von $\epsilon_R = 4$.

Hinweis: Berechnen Sie zunächst die Geschwindigkeit der elektromagnetischen Welle.

5. Bestimmen Sie anhand von Abbildung 1 die Mediumsgeschwindigkeit, die relative Permittivität des Halbraums und die Tiefe des Diffraktors.

Hinweis: Bestimmen Sie aus der Diffraktion für zwei Distanzen die Laufzeiten und verwenden sie die t^2-x^2 -Methode. Mit der Geschwindigkeit und der Zero-Offset Laufzeit können Sie die Tiefe des Diffraktors berechnen.

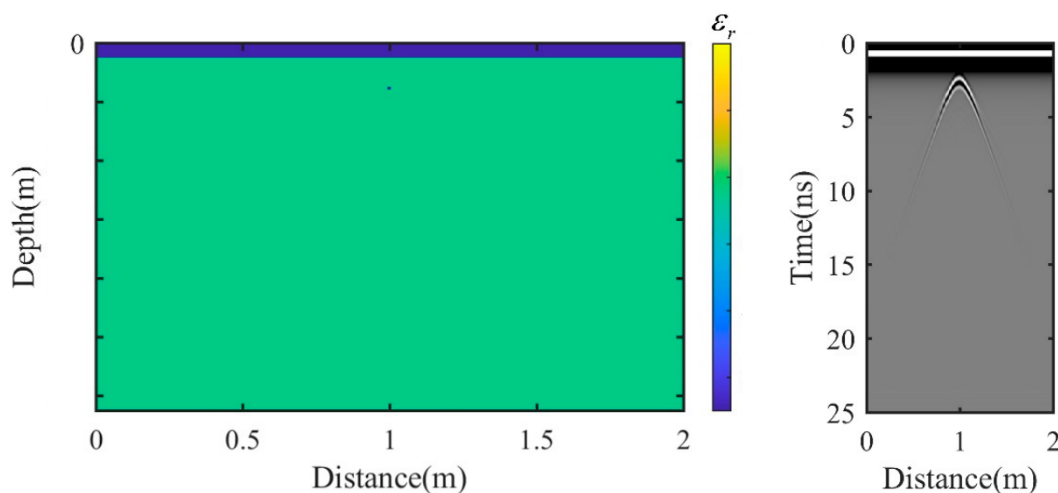


Abbildung 1: Modell und simulierte Georadardaten für einen Halbraum mit einem punktförmigen Diffraktor. (aus: Guo, S.; Xu, Z.; Li, X.; Zhu, P. Detection and Characterization of Cracks in Highway Pavement with the Amplitude Variation of GPR Diffracted Waves: Insights from Forward Modeling and Field Data. Remote Sens. 2022, 14, 976.)