

1. Übung zur Einführung in die Geophysik I

Thema der Übung: Grundlagen der Seismik, Elastische Moduln

Man betrachte das folgende Untergrundmodell, das die Verteilung der seismischen P-Wellengeschwindigkeit v_p , der S-Wellengeschwindigkeit v_s , und der Dichte d in einem in einem Kies-Sand-Gemisch beschreibt. Der Grundwasserspiegel liegt in einer Tiefe von 10 m. Unterhalb dieser Tiefe verändern sich die seismischen Geschwindigkeiten und die Dichte des Materials aufgrund der Tatsache, dass der Porenraum nicht mehr mit Luft, sondern mit Wasser gefüllt ist.

Abbildung: TIEFENSCHNITT

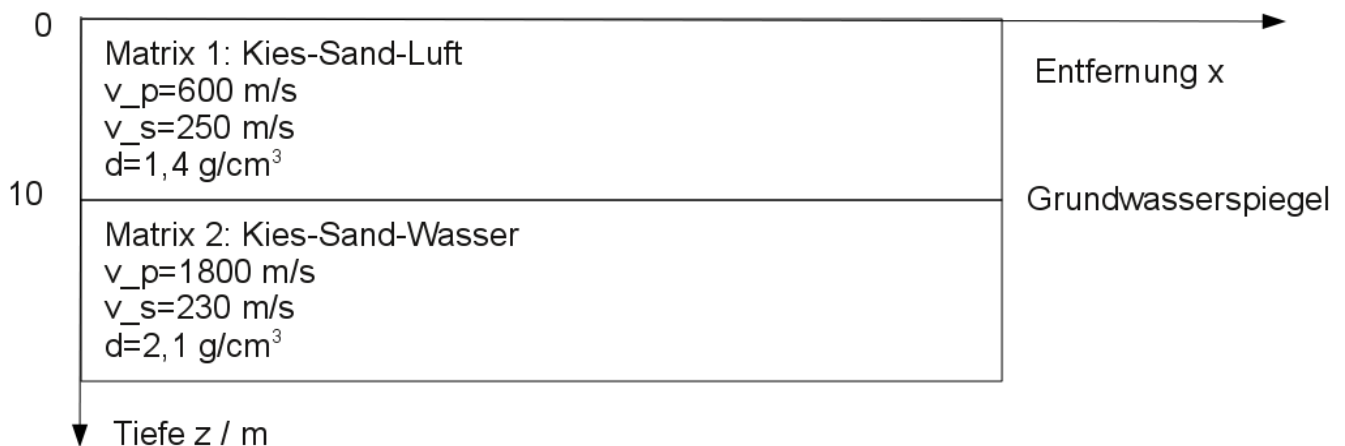


Abbildung 1: Tiefenschnitt eines homogenen Kies-Sand-Gemischs, das durch den Grundwasserspiegel in zwei Schichten aufgeteilt wird. Die obere Schicht besteht aus einer Matrix aus Kies, Sand und Luft, in der unteren Schicht ist der Porenraum mit Wasser verfüllt. Dargestellt sind die Werte der seismischen Wellengeschwindigkeiten und der Dichte in den beiden Schichten. Es handelt sich um typische Werte für Lockersedimente ober- und unterhalb eines Grundwasserspiegels.

- 1.) Bestimmen Sie Kompressions- und Schermoduln für die beiden Schichten.
- 2.) Erläutern Sie, warum sich die elastischen Moduln in der beobachteten Art ändern.
- 3.) Die Wellengeschwindigkeiten in den beiden Schichten sind effektive Geschwindigkeiten, die aus der Mittelung der Einzelgeschwindigkeiten von seismischen Wellen in Sand bzw. Kies (im Folgenden gemeinsam als Gestein bezeichnet) bzw. Luft/Wasser entstehen.

Diese effektiven Geschwindigkeiten kann man durch die Zeitmittelgleichung berechnen. Die Gleichung wird in der Vorlesung hergeleitet. Dabei geht man davon aus, dass sich die Laufzeit T der seismischen Wellen durch das Medium aus den Einzellaufzeiten T_{Gestein} und T_{Luft} bzw. T_{Wasser} zusammensetzt. Der Prozentsatz, der in der Matrix aus Luft bzw. Wasser besteht, wird durch die Porosität Φ beschrieben. Wir verwenden die Zeitmittelgleichung in der folgenden Form und berechnen Sie daraus die Porosität des Sandes. Die Ausbreitungsgeschwindigkeiten von P-Wellen in Luft bzw. Wasser beträgt $v_{\text{Luft}} = 330 \text{ m/s}$ und $v_{\text{Wasser}} = 1500 \text{ m/s}$.

$$\frac{1}{v_{\text{eff}}} = \frac{\Phi}{v_{\text{Luft oder Wasser}}} + \frac{(1 - \Phi)}{v_{\text{Gestein}}}$$

- 4.) Welche durchschnittliche Dichte haben die Gesteinskörner?
- 5.) Eine seismische Punktquelle (z.B. Hammerschlag) an der Erdoberfläche strahlt P- und S-Wellen ab. Gehen Sie für beide Wellentypen von einem Abstrahlwinkel von 30° an der Quelle (15° zum Lot) aus. An der Grenzfläche zum unteren Medium wird ein Anteil der Energie in das untere Medium gebrochen (transmittiert) und ein Anteil reflektiert. Sowohl bei der Transmission als auch bei der Reflexion können aus P-Wellen S-Wellen entstehen und umgekehrt. Dies bezeichnet man als Wellenkonversion. Zeichnen Sie zuerst den Strahlverlauf einer P-Wellenfront ein, die in das untere Medium als P- und S-Welle transmittiert wird. Benutzen Sie dazu das Snellius'sche Brechungsgesetz.
- 6.) Wie sieht im Vergleich dazu der Strahlverlauf einer transmittierten P- und S-Welle bei einfallender S-Welle aus?
- 7.) Wie sehen die Strahlverläufe der reflektierten P- und S-Wellen aus? Auch hier können sich wieder konvertierte Wellen bilden.
- 8.) Was versteht man unter dem *kritischen Winkel* und wie groß ist er für P- und S-Wellen in dem vorliegenden Fall?
- 9.) Wie sähe der Strahlverlauf der P-Welle für ein Medium mit vielen Schichten aus, wenn die Ausbreitungsgeschwindigkeit der P-Welle mit der Tiefe konstant zunimmt?
- 10.) Wie lange benötigt eine P-Welle mindestens, um von einem Schusspunkt an der Erdoberfläche ein Bohrlochgeophon in 20 m Tiefe zu erreichen?
- 11.) Welche weiteren Wellentypen wären bei einer Feldmessung (Hammerschlagseismik) in den Seismogrammen erkennbar?