

3. Übung zur Einführung in die Geophysik I

Thema der Übung: Auswertung einer Reflexionsseismik-Messung

In der Abbildung 1 ist ein CMP-Gather dargestellt. Die synthetischen Seismogramme wurden für ein 1-D Krustenmodell (söhlige Lagerung) des Schwarzwaldes mit der sogenannten Reflektivitätsmethode berechnet. Bei dieser Simulation wurden S-Wellen, Oberflächenwellen sowie multiple Reflexionen an der Erdoberfläche nicht berücksichtigt. Die Seismogramme zeigen daher lediglich die direkte P-Welle, refraktierte P-Wellen sowie die Primärreflexionen der P-Wellen.

1. Picken Sie die Laufzeiten aller Reflexionseinsätze und stellen Sie diese in einem $x^2 - t^2$ - Diagramm dar.

Hinweis: Es müssen nicht alle Spuren gepickt werden. Sinnvoll ist es, sich für feste Zeiten (z.B. jede halbe Sekunde) eine Linie in das CMP-Gather einzuzichnen und dann die dazugehörigen Entfernungen abzulesen. Man erhält auf diese Weise eine Tabelle, in der die Entfernungen und dazugehörigen Zeiten eingetragen sind. Zur Überprüfung, ob richtig gepickt wurde, kann man sich nun die Werte noch einmal in einer Grafik mit x über t darstellen lassen. Man erhält also in dieser Grafik, ebenfalls wie im CMP-Gather, hyperbelförmige Äste. Nun muss man die Werte quadrieren und die quadrierten Zeiten über der quadrierten Entfernungen darstellen (also die beiden Achsen vertauschen!). Diese Darstellung nennt man $x^2 - t^2$ -Diagramm. In der Grafik sollten nun fünf übereinanderliegende Geraden erscheinen.

2. Berechnen Sie aus der Steigung im $x^2 - t^2$ -Diagramm die Moveout-Geschwindigkeiten (RMS-Geschwindigkeiten) für die einzelnen Reflexionen.

Hinweis: Die Geraden im $x^2 - t^2$ -Diagramm haben die Steigung $1/v^2$. Da beim manuellen Picken der Ankunftszeiten Fehler auftreten können, ist es sinnvoll, mit linearer Regression eine Ausgleichsgerade für die Datenpunkte zu berechnen. Aus der Steigung der Ausgleichsgeraden können dann also die Geschwindigkeiten berechnet werden. Diese Geschwindigkeiten nennt man Moveout-Geschwindigkeiten. Man erhält einen Wert für jede Reflexion.

3. Durch Anwendung der Dix'schen Formel lassen sich aus den Moveout- Geschwindigkeiten die Intervallgeschwindigkeiten v_i der einzelnen Schichten rekonstruieren. Führen Sie diese Berechnung durch.

Hinweis: Zur Rekonstruktion der Intervallgeschwindigkeiten benötigt man außer den Moveout-Geschwindigkeiten für jede Reflexion auch noch die Laufzeiten t_i am Punkt der Quelle. Diese lassen sich aus den Achsenabschnitten der Regressionsgeraden ($x = 0$) bestimmen. Man setzt sie nun zusammen mit den Moveout-Geschwindigkeiten in die Dix'sche Formel ein:

$$v_i = \sqrt{\frac{(v_{RMS,i}^2 \cdot t_i - v_{RMS,i-1}^2 \cdot t_{i-1})}{(t_i - t_{i-1})}}$$

Begonnen wird dabei also mit der Berechnung von v_1 . Hierzu benötigt man den Wert $v_{RMS,1}$ und t_1 , die jetzt bekannt sind, aber ebenso $v_{RMS,0}$ und t_0 . Für diese nimmt man den Wert 0 an. Hat man v_1 bestimmt, wird als nächstes v_2 berechnet. Hier ist dann $i-1 = 1$.

4. Bestimmen Sie die Mächtigkeiten z_i der einzelnen Schichten aus den Laufzeiten der Lotstrahlen t_i .

Hinweis: Die Laufzeiten der Lotstrahlen wurden bereits in der letzten Aufgabe abgelesen. Man beginnt wieder bei $i=1$ und verwendet folgende Formel:

$$z_i = 0,5 \cdot v_i(t_i - t_{i-1})$$

Als Lösung erhält man nun also die Schichtdicken für die fünf Schichten.

5. Bestimmen Sie aus der refraktierten Welle mit Hilfe der Knickpunktformel die Schichtgeschwindigkeit und Tiefenlage des Refraktors. Von welcher Grenzschicht stammt die refraktierte Welle?

Hinweis: Als Knickpunkt x_k bezeichnet man den Punkt, an dem sich im CMP-Gather die direkte Welle und die Kopfwellen kreuzen. Suchen Sie also zunächst den Knickpunkt in der Darstellung. Die Frage ist dann, von welcher der Schichtgrenzen in unserem Modell diese Refraktion erzeugt wurde. Man setzt also die berechneten Werte in die Knickpunktformel ein:

$$x_k = 2z_1 \frac{\sqrt{(v_2 + v_1)}}{\sqrt{(v_2 - v_1)}}$$

Hier sind z_1 die Dicke der jeweils oberen Schicht, v_1 die Geschwindigkeit der Wellen in der jeweils oberen und v_2 die Geschwindigkeit der Wellen in der jeweils unteren Schicht. Diese Berechnung führt man für alle Schichtgrenzen durch und überprüft, bei welcher Schichtgrenze man die abgelesene Knickpunktentfernung erhält. Diese Schichtgrenze muss verantwortlich für die starke Refraktion im CMP-Gather sein.

CMP-Familie Krustenmodell Schwarzwald

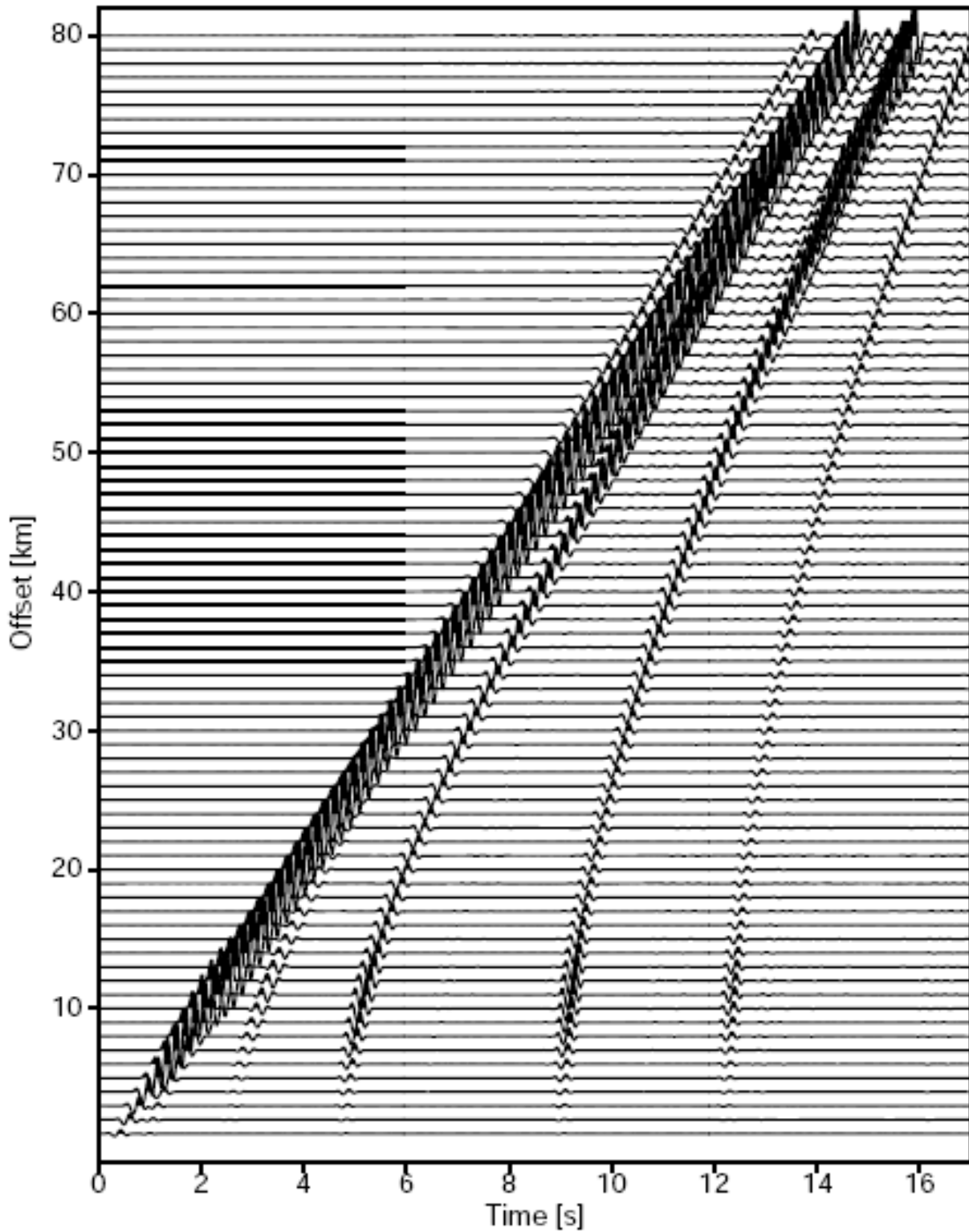


Abbildung 1: Synthetisches CMP-Gather für ein Untergrundmodell wie es aus Weitwinkelmessungen im Schwarzwald ermittelt wurde. Dargestellt sind die direkte P-Welle sowie die P-Wellen-Reflexionen von den verschiedenen Grenzschichten.