Lösung zur 3. Übung zur Einführung in die Geophysik I

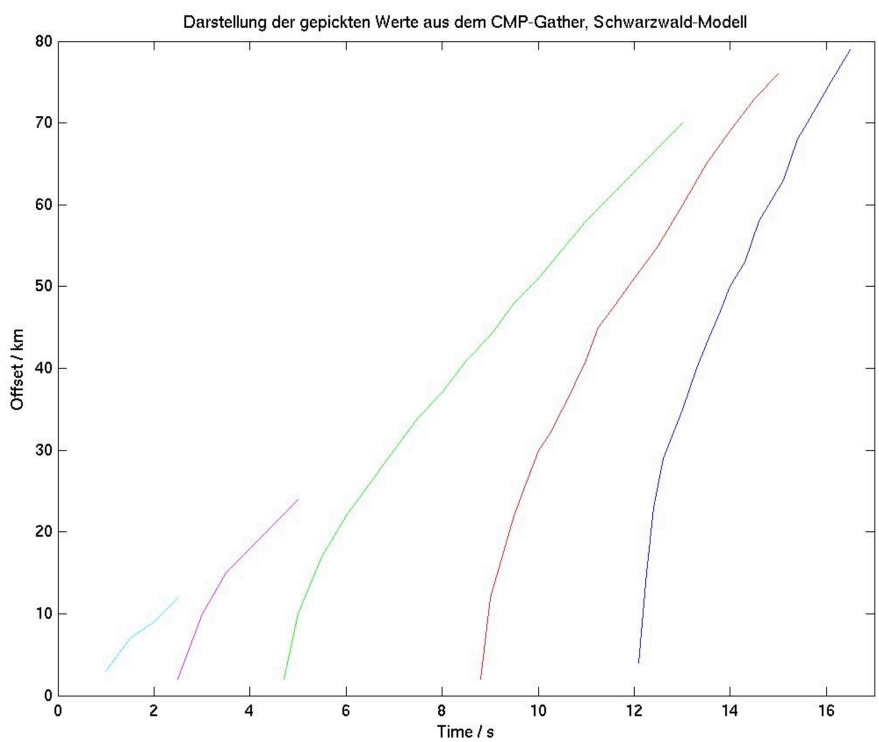
Thema der Übung: Reflexionsseismik

1. Gegeben ist ein synthetisches CMP-Gather. Zuerst müssen die Zeiten der Reflexionseinsätze gepickt werden. Dazu zeichnet man z.B. Linien für konstante Zeiten in die Seismogramm-Montage ein (hier also senkrecht) und liest dann den dazu gehörenden Offset ab. Die Tabelle der gepickten Zeiten könnte folgendermaßen aussehen:

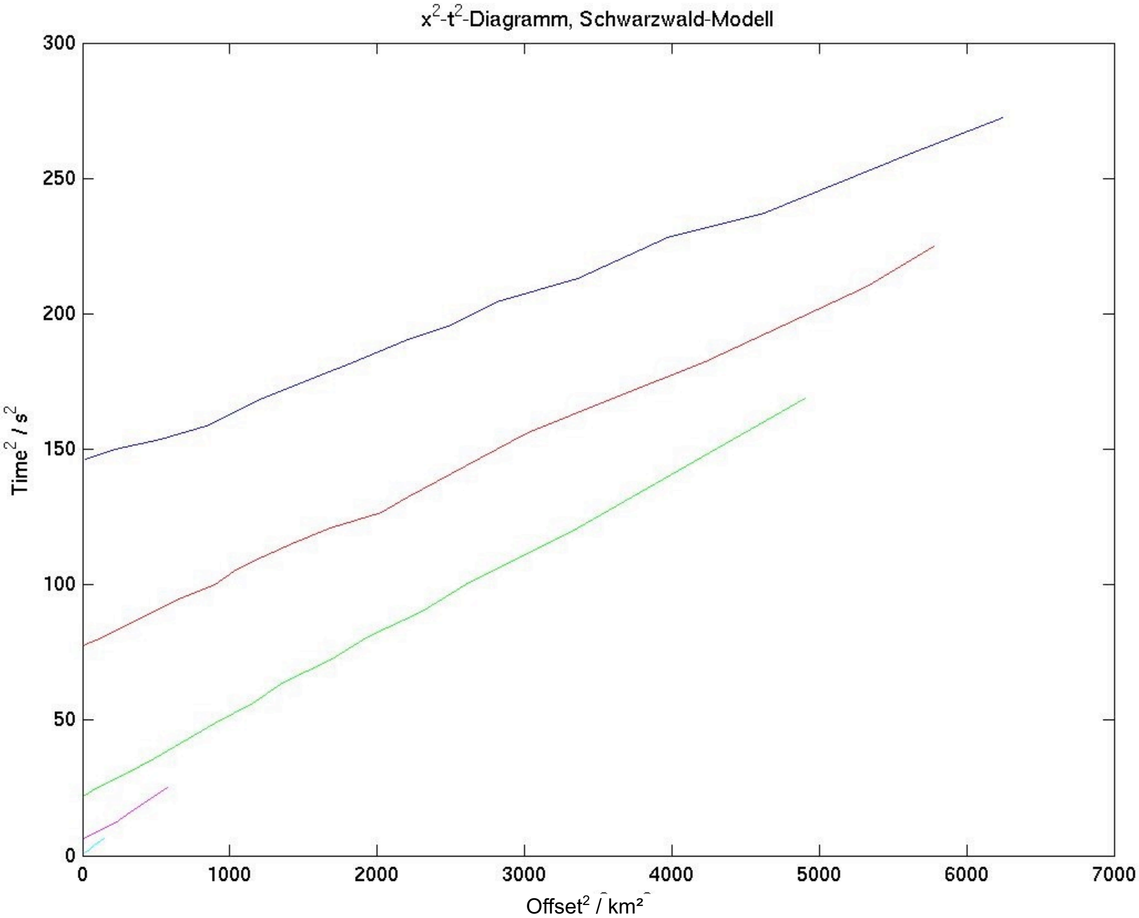
Offset / km	***Ankunftszeit (AZ) der***	***AZ der 2.***	***AZ der 3.***	***AZ der 4.***	***AZ der 5.***
2		2.5	4.7	8.8	
3	1.0				
4					12.1
7	1.5				
9	2.0				
10		3.0	5.0		
12	2.5			9.0	
15		3.5			12.25
17			5.5		
18		4.0			
22			6.0	9.5	
23					12.4
24		5.0			
26				9.75	
29					12.6
30			7.0	10.0	
32				10.25	
34			7.5		
35				10.5	13.0
37			8.0		
38				10.75	
40					13.3
41			8.5	11.0	
43					13.5
44			9.0		
45				11.25	
47				11.5	13.8
48			9.5		
50					14.0
51			10.0	12	

Offset / km	*Ankunftszeit (AZ) der*	*AZ der 2.*	*AZ der 3.*	*AZ der 4.*	*AZ der 5.*
53					14.3
55				12.5	
58			11.0		14.6
60				13.0	
63					15.1
64			12.0		
65				13.5	
68					15.4
69				14.0	
70			13.0		15.6
73				14.5	
75					16.1
76				15.0	
80					16.5

Die gepickten Werte kann man nun zum Überprüfen noch einmal grafisch darstellen. Hier gehört die türkisfarbene Linie ganz links zur ersten, die lilafarbene Linie (zweite Linie von links) zur zweiten, die grüne (mittlere) Linie zur dritten, die rote (zweite von rechts) Linie zur vierten und die blaue Linie (ganz rechts) zur fünften Reflexion.



Anschließend werden die gepickten Zeiten in einem x^2-t^2-Diagramm dargestellt. Auch hier gehört die türkisfarbene Linie zur ersten, die lilafarbene Linie zur zweiten, die grüne Linie zur dritten, die rote Linie zur vierten und die blaue Linie zur fünften Reflexion (von links nach rechts).



2. Aus der Hyperbel im CMP-Gather wird im x^2-t^2-Diagramm eine Gerade mit der Steigung $1/v^2$. Da beim manuellen Picken der Ankunftszeiten Fehler auftreten, wird mit linearer Regression eine Ausgleichsgerade für die Datenpunkte berechnet. Nachstehende Tabelle zeigt die Geradengleichungen und die daraus bestimmten Moveout-Geschwindigkeiten v_{RMS} (auch RMS-Geschwindigkeiten genannt).

	Gleichung der Regressionsgeraden	***v_{RMS} /km/s***
Reflexion 1 (türkis)	y = 0,0398 x + 0,56	5,0138
Reflexion 2 (lila)	y = 0,0329 x + 5,61	5,5123
Reflexion 3 (grün)	y = 0,0299 x + 22,0	5,7870
Reflexion 4 (rot)	y = 0,0251 x + 78,2	6,3182
Reflexion 5 (blau)	y = 0,0204 x + 144,5	6,9963

3. Mit der Dix'schen Formel lassen sich rekursiv aus den Moveout-Geschwindigkeiten v_{RMS} die Intervallgeschwindigkeiten der einzelnen Schichten rekonstruieren. Dazu benötigt

man außer den Moveout-Geschwindigkeiten auch noch die Laufzeiten t_i am Punkt der Quelle. Diese lassen sich aus den Achsenabschnitten der Regressionsgeraden (x = 0) bestimmen. Man erhält folgende Werte für die Laufzeiten:

	Laufzeit t_i am Ort der Quelle (x = 0 m) / s
Reflexion 1 (türkis)	0,75
Reflexion 2 (lila)	2,37
Reflexion 3 (grün)	4,69
Reflexion 4 (rot)	8,84
Reflexion 5 (blau)	12,02

Diese setzt man nun zusammen mit den Moveout-Geschwindigkeiten in die Dix'sche Formel ein:

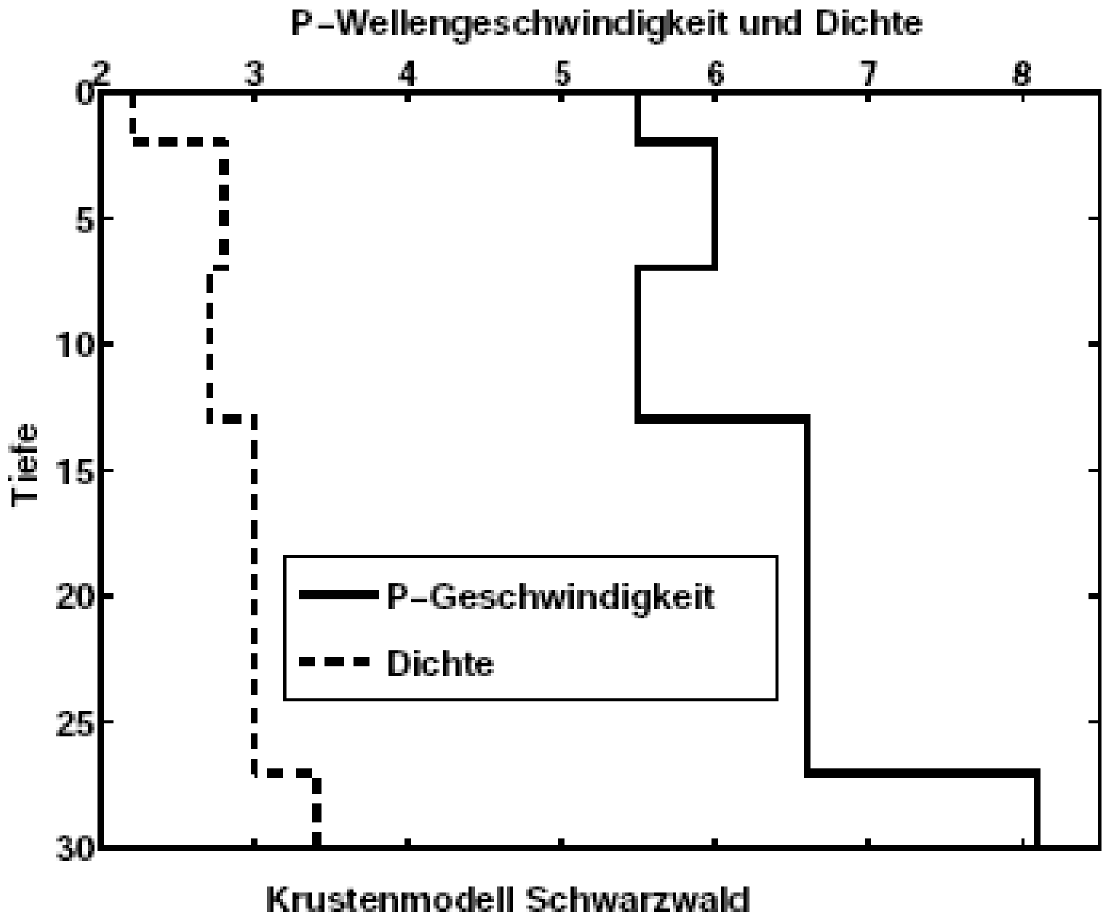
$$v_i = \sqrt{\frac{(v_{RMS,i}^2 \cdot t_i - v_{RMS,i-1}^2 \cdot t_{i-1})}{(t_i - t_{i-1})}}$$

Für die Intervallgeschwindigkeiten v_i erhält man die Werte, die in der folgenden Tabelle zusammengefasst sind. Die Intervallgeschwindigkeit der ersten Schicht entspricht der Moveout-Geschwindigket der ersten Schicht, da in diesem Fall t_{i-1} und $v_{RMS,i-1} = 0$ sind.

	Intervallgeschwindigkeit v_i / km/s
Reflexion 1 (türkis)	5,01
Reflexion 2 (lila)	5,72
Reflexion 3 (grün)	6,09
Reflexion 4 (rot)	6,82
Reflexion 5 (blau)	8,65

Der Berechnung der Seismogramme lag folgendes Modell zugrunde. Die Zone der erniedrigten Geschwindigkeit in Schicht 5 konnte von mir nicht aufgelöst werden.

Tiefe [km]	2.0	7.0	13.0	27.0	inf
P-Geschw.[km/s]	5.5	6.0	5.5	6.6	8.1
Dichte [kg/m³]	2200.0	2800.0	2700.0	3000.0	3400.0



4. Aus den Laufzeiten der Lotstrahlen (x = 0 km) lassen sich die Mächtigkeiten der Schichten z_i berechnen. Dazu verwendet man folgende Formel:

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

Man erhält folgende Werte:

	Schichtdicke / km
Dicke der Schicht 1	1,87
Dicke der Schicht 2	4,63
Dicke der Schicht 3	7,06
Dicke der Schicht 4	14,15
Dicke der Schicht 5	13,76

Als Kontrolle lassen sich die Schichtmächtigkeiten im Modell in der Lösung zu Aufgabe 3 ablesen.

5. Als Knickpunkt bezeichnet man den Punkt, an dem sich in der Seismogramm-Montage die direkte Welle und die Kopfwelle kreuzen. Im vorliegenden CMP-Gather ist dies bei der Knickpunktentfernung x_k = 45 km der Fall. Die Knickpunktformel lautet:

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

Hier sind z_1 die Dicke der oberen Schicht, v_1 die Geschwindigkeit der Wellen in der oberen und v_2 die Geschwindigkeit der Wellen in der unteren Schicht.

Setzt man die Werte ein, die der Rechnung zugrunde lagen (vgl. Aufgabe 3), erhält man folgende Knickpunkte:

	Knickpunkt / km
Schichtgrenze zwischen Schicht 1 und 2	11,6
Schichtgrenze zwischen Schicht 2 und 3	kein KP, da v2 > v3
Schichtgrenze zwischen Schicht 3 und 4	45,1
Schichtgrenze zwischen Schicht 4 und 5	86,5

Für eine Refraktion von der Schichtgrenze zwischen erster und zweiter Schicht würde man also eine Knickpunktentfernung von $x_{k1\text{-}2}$ = 11,6 km erhalten. Die Geschwindigkeit der dritten Schicht ist sogar geringer als die Geschwindigkeit der zweiten Schicht, deshalb kommt es nicht zu einer refraktierten Welle. Setzt man die Werte für die Schichtgrenze zwischen dritter und vierter Schicht ein, erhält man eine Knickpunktentfernung von $x_{k3\text{-}4}$ = 45,1 km. Dies stimmt mit den Beobachtungen gut überein.