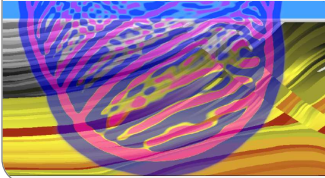


Einführung in die Geophysik I

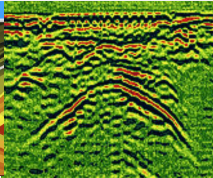
Einführung, Seismische Wellenausbreitung

Thomas Bohlen, Ellen Gottschämmer, Geophysikalisches Institut, Fakultät für Physik

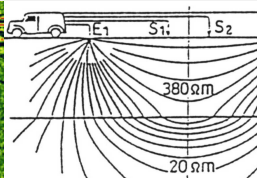
Seismik



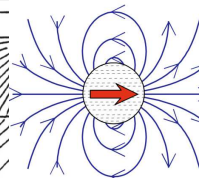
Georadar



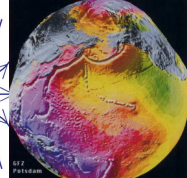
Geoelektrik



Magnetik



Gravimetrie



Agenda

1. Einführung

- Inhalte und Literatur
- Was ist Geophysik ?

2. Seismische Wellenausbreitung

- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- Oberflächenwellen
- Ausbreitungsgeschwindigkeiten
- Kinematische Beschreibung der Wellenausbreitung

3. Zusammenfassung

4. Referenzen

Agenda

1. Einführung

- Inhalte und Literatur
- Was ist Geophysik ?

2. Seismische Wellenausbreitung

- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- Oberflächenwellen
- Ausbreitungsgeschwindigkeiten
- Kinematische Beschreibung der Wellenausbreitung

3. Zusammenfassung

4. Referenzen

Inhalte der Vorlesung im Semester WS 2020/21

1 Einführung	(20.10)
2 Seismische Wellenausbreitung	(20.10, 27.10)
3 Refraktionsseismik	(03.11)
4 Reflexionsseismik	(10.11)
5 Elektromagnetische Verfahren	(17.11, 24.11)
6 Geoelektrik	(01.12)
7 Gravimetrie	(08.12, 15.12)
8 Magnetik	(12.01, 19.01)
9 weitere Themen	(26.01, 02.02)

Literatur

Literaturempfehlungen

- ① Clauser, Christoph, **2018**, Grundlagen der angewandten Geophysik - Seismik, Gravimetrie, Springer Verlag.
- ② Clauser, Christoph, **2014**, Einführung in die Geophysik, Springer Verlag.
- ③ William Lowrie, **2007**, Fundamentals of Geophysics, Second Edition, Cambridge University Press.
- ④ Beblo, M. (Hrsg.), **1997**, Umweltgeophysik, Springer Verlag
- ⑤ Berckhemer, H., **1997**, Grundlagen der Geophysik, Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- ⑥ Keary & Brooks, **1991**, An Introduction to Geophysical Exploration, Blackwell Scientific Publications
- ⑦ Telford, Geldart, Sheriff, Keys, **1978**, Applied Geophysics, University of Cambridge Press.
- ⑧ Kertz, Walter, **1969**, Einführung in die Geophysik I, Hochschultaschenbücher

Agenda

1. Einführung

- Inhalte und Literatur
- Was ist Geophysik ?

2. Seismische Wellenausbreitung

- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- Oberflächenwellen
- Ausbreitungsgeschwindigkeiten
- Kinematische Beschreibung der Wellenausbreitung

3. Zusammenfassung

4. Referenzen

Was ist Geophysik ?

- Wissenschaft von der Erforschung und Beschreibung der Erde mit den Methoden der Physik
- Teilgebiet der **Geowissenschaften** bzgl. des Forschungsobjektes
- Teilgebiet der **Physik** bzgl. der Methodik
- Zentrale Fragestellung ist die Rekonstruktion der 3-D physikalischen Eigenschaften und Prozesse (Zeit) aus punktuellen physikalischen Messungen in der Nähe der Erdoberfläche

Methoden unterscheiden sich für die Erkundungstiefen:

Tiefenbereich	Bezeichnung	Untersuchungsobjekte (exemplarisch)
bis 50 m	Ingeniurgeophysik	Baugrund, Grundwasser, Untertagebau
bis 10 km	Explorationsgeophysik	Erdgas, Gashydrate, Endlager
bis 40 km	Regionale Geophysik	Plattentektonik, Vulkane, Georisiken
bis 6370 km	Globale Geophysik	Aufbau der Erde bis zum Kern

Video zur Geophysik von der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG)

<https://www.youtube.com/watch?v=015RRi1JOI8>

Zur Arbeitsmethodik der Geophysik

- **Beobachtung:** Wir messen eine physikalische Beobachtungsgröße an der Erdoberfläche
- **Vorwärtsmodellierung:** Mit physikalischer Theorie können wir Messwerte vorhersagen, falls wir eine hypothetische Struktur der Materialeigenschaften des Erdinneren annehmen.
- **Inversion:** Durch systematisches Verändern unserer Vorstellung vom Erdinneren versuchen wir die vorhergesagten Messwerte den tatsächlichen ähnlicher zu machen.
- **Mehrdeutigkeit:** In der Regeln gibt es mehrere unterschiedliche Modelle des Erdinneren, welche zu ähnlichen Messwerten führen.
- **Komplexe Struktur:** Die Erde ist auf allen räumlichen Skalen sehr heterogen.

Zur Arbeitsmethodik der Geophysik

Wichtige eng benachbarte Fachdisziplinen

- Geo-Wissenschaften: Fragestellungen, Komplexe Eigenschaften des Untersuchungsobjektes
- Physik: Grundlagen der physikalischen Methoden, Quantitative Vorhersage
- Mathematik: Numerische Verfahren, Optimierung, Unsicherheiten
- High-Performance-Computing (HPC): **Simulation, Inversion, Big Data, Künstliche Intelligenz**

Agenda

1. Einführung

- Inhalte und Literatur
- Was ist Geophysik ?

2. Seismische Wellenausbreitung

- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- Oberflächenwellen
- Ausbreitungsgeschwindigkeiten
- Kinematische Beschreibung der Wellenausbreitung

3. Zusammenfassung

4. Referenzen

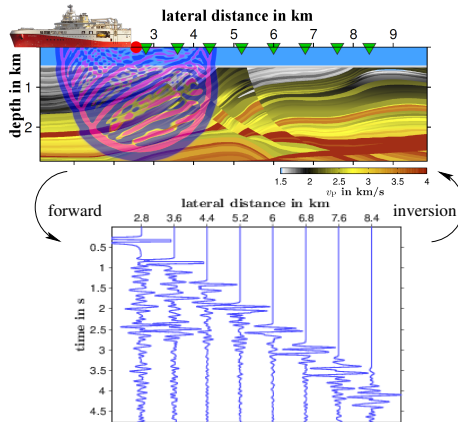
Prinzip der Seismik

Wellenausbreitungseffekte sind u.a.

- Reflexion
- Refraktion
- Streuung

Ziele der Seismik

- 1 Abbildung von geologischen Grenzflächen: "Migration"
- 2 Rekonstruktion der Ausbreitungsgeschwindigkeit: "Inversion/Tomographie"



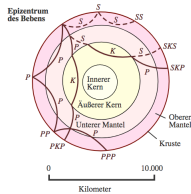
Seismogramme

Anwendungsgebiete der Seismik

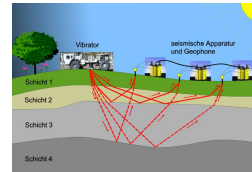
Die Seismik ist in der Regel das aufwendigste geophysikalische Verfahren. Sie hat im Vergleich zu anderen Methoden eine bessere Auflösung und geringere Mehrdeutigkeit.

- Flachseismik: Grundwasser, Altlasten, Baugrund (bis 100 m)
- Explorationsseismik: Rohstoffexploration, Endlagerung (bis 5 km)
- Tiefenseismik: Untersuchung Kruste/Mante (bis 40 km)

In Deutschland wird zwischen 'Seismik' und 'Seismologie' unterschieden.



Seismologie: Erdbebenwellen (EG II) (Wikipedia)



Seismik: aktive Quellen (EG I) (Wikipedia)

Agenda

1. Einführung

- Inhalte und Literatur
- Was ist Geophysik ?

2. Seismische Wellenausbreitung

- Prinzip der Seismik
- **Raumwellen**
- Oberflächenwellen
- Ausbreitungsgeschwindigkeiten
- Kinematische Beschreibung der Wellenausbreitung

3. Zusammenfassung

4. Referenzen

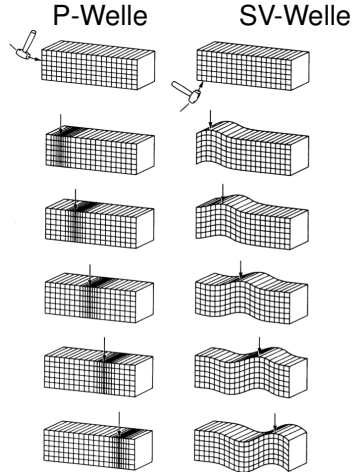
Raumwellen

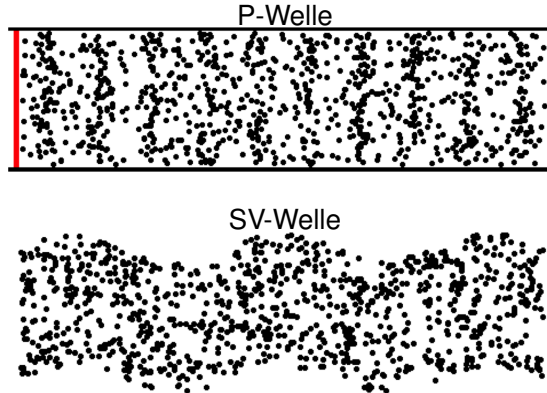
Kompressionswelle = "P-Welle"

- P=primär
- Longitudinalwelle

Transversalwelle = "S-Welle"

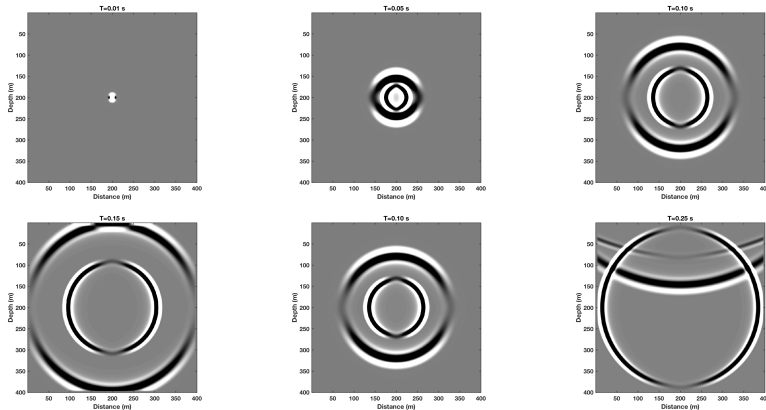
- S=sekundär
- Scherwelle=Transversalwelle
- Partikelbewegung in der vertikalen Ebene: SV-Welle
- Partikelbewegung in der horizontalen Ebene: SH-Welle





Simulation einer Einzelkraft im homogenen Halbraum

Click on first frame to play ($f_c = 30\text{Hz}$, $V_p = 1500\text{m/s}$, $V_s = 800\text{m/s}$, $\rho = 2000\text{kg/m}^3$, $\lambda_p = 50\text{m}$, $\lambda_s = 23\text{m}$)



Eine vertikale Einzelkraft im homogenen Halbraum strahlt P-Wellen und SV-Wellen ab.



Agenda

1. Einführung

- Inhalte und Literatur
- Was ist Geophysik ?

2. Seismische Wellenausbreitung

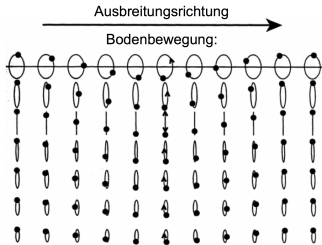
- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- **Oberflächenwellen**
- Ausbreitungsgeschwindigkeiten
- Kinematische Beschreibung der Wellenausbreitung

3. Zusammenfassung

4. Referenzen

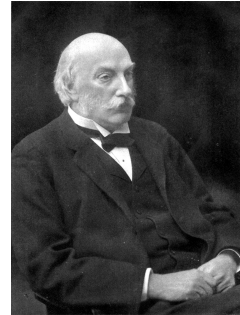
Rayleighwellen

- Entstehen bei Quellen in der Nähe der Erdoberfläche
- Ausbreitung entlang der Oberfläche
- Elliptische Partikelbewegung
- Geschwindigkeit $V_R = n \cdot V_S$, $n = 0.82 - 0.95$
- Dispersion



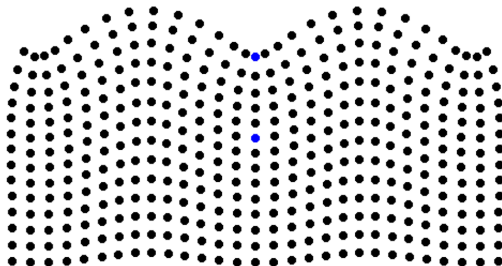
Quelle: Shearer

Shearer (2009)



John William Strutt, 3. Baron Rayleigh (1842-1919) war ein englischer Physiker. Er erhielt 1904 den Nobelpreis für Physik. Quelle: Wikipedia

Animation der Partikelbewegung von Rayleighwellen

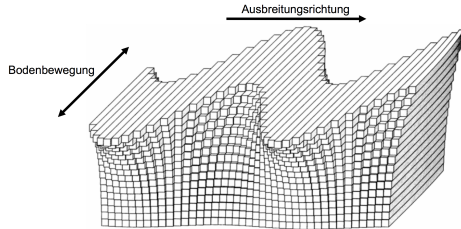


©1999, Daniel A. Russell

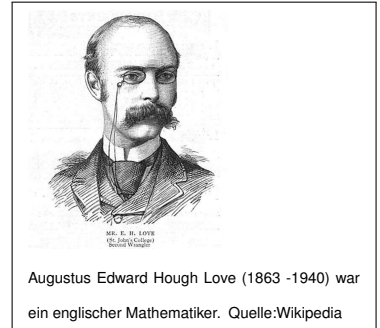
Homogener Halbraum: Elliptisch retrograde Partikelbewegung, Umkehrung der Bewegungsrichtung, Eindringung ca. eine Wellenlänge

Lovewellen

- Entstehen bei Quellen in der Nähe der Erdoberfläche
- Ausbreitung entlang der Oberfläche
- Partikelbewegung transversal - genauso wie SH-Wellen
- Geschwindigkeit $V_L \approx V_s$
- Dispersion

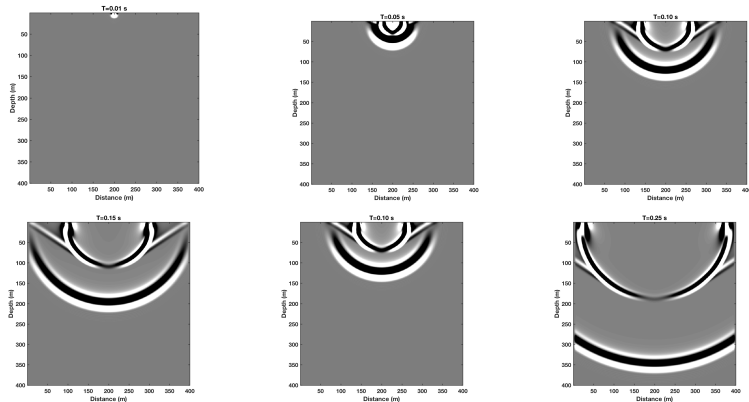


Quelle: Shearer Shearer (2009)



Simulation einer Einzelkraft (Erdbeben) an der freien Oberfläche eines homogenen Halbraums

Click on first frame to play ($f_c = 30\text{Hz}$, $v_p = 1500\text{m/s}$, $v_s = 800\text{m/s}$, $\rho = 2000\text{kg/m}^3$, $\lambda_p = 50\text{m}$, $\lambda_s = 23\text{m}$)



Eine vertikale Einzelkraft an der freien Oberfläche strahlt Raumwellen sowie Rayleighwellen ab.



Agenda

1. Einführung

- Inhalte und Literatur
- Was ist Geophysik ?

2. Seismische Wellenausbreitung

- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- Oberflächenwellen
- **Ausbreitungsgeschwindigkeiten**
- Kinematische Beschreibung der Wellenausbreitung

3. Zusammenfassung

4. Referenzen

Ausbreitungsgeschwindigkeiten von Raumwellen

Die Kenntnis der Ausbreitungsgeschwindigkeit von P- und S-Wellen ist wichtig für

- Seismische Abbildung: Umrechnung von Laufzeiten in Tiefe
- Charakterisierung der geologischen Strukturen (Gesteinstyp)

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit hängt von den elastischen Moduln (Kompressionsmodul K , Schermodul μ) und der Massendichte ρ ab:

- P-Wellen

$$v_p = \sqrt{\frac{K + 4/3\mu}{\rho}}$$

- S-Wellen

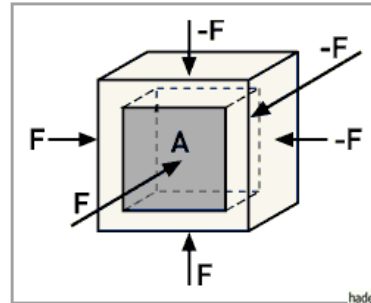
$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Kompressionsmodul

- K Kompressionsmodul: Widerstand gegen Kompression: SI-Einheit N/m^2

$$K := - \frac{dp}{dV/V}$$

- V = Volumen
- $dp = F/A$ = infinitesimale Druckänderung,
- dV = infinitesimale Volumenveränderung
- dV/V = relative Volumenveränderung



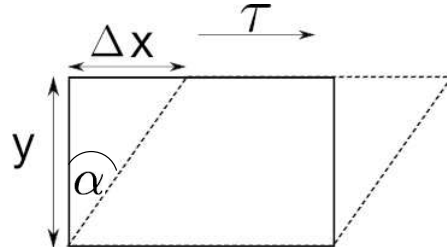
Quelle:Wikipedia

Schermodul

- μ Schermodul: Widerstand gegen Scherung: SI-Einheit N/m^2

$$\mu := \tau \frac{y}{\Delta x} = \frac{\tau}{\tan \alpha} \approx \frac{\tau}{\alpha}$$

- τ = horizontale Spannung
(Scherspannung, Einheit:
Kraft/Fläche)
- Δx = horizontale Verschiebung
- α = Winkelveränderung



Ausbreitungsgeschwindigkeiten von Raumwellen

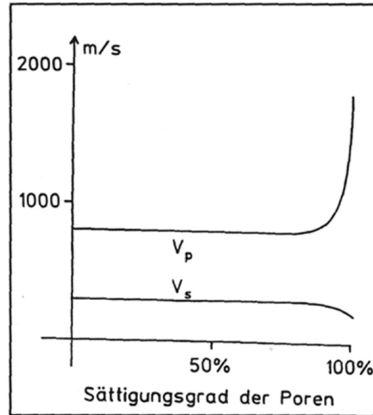
Typische Geschwindigkeiten

Material	v_p (km/s)	v_s (km/s)
Luft	0,33	0
Oberflächennahe Sedimente	0,3 – 1,5	0.2 – 0.5
Wasser	1,5	0
Eis	3,0 – 4,0	1.0 – 2.5
Sandstein	1,5 – 4,3	1.0 – 3.0
Kalkstein/Dolomit	4,0 – 4,5	2.5 – 3.0
Granit	5,8 – 6,2	3.0 – 3.5
Gabbro	6,4 – 7,6	3.0 – 3.8
Peridotit	7,8 – 8,4	3.8 – 4.2

In Flüssigkeiten und Gasen ist $\mu = 0$. Daraus folgt $v_s = 0$.

Einfluß der Wassersättigung

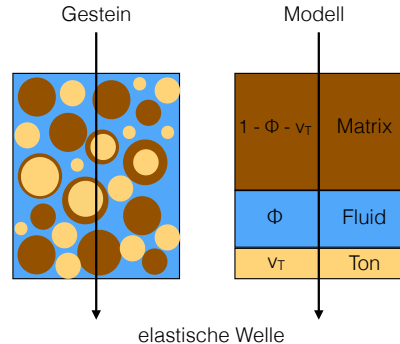
- In porösen Medien steigt das Kompressionsmodul bzw. V_p erst an, wenn nahezu vollständige Sättigung erreicht wird
- V_s ist nahezu unabhängig von der Sättigung
- → Verhältnis V_p / V_s ist Indikator für Wassergehalt



Zeitmittelgleichung

Plattenmodell nach Wyllie: volumenproportionale, ebene Platten für die Bestandteile. Mittelung der Laufzeiten in den Bestandteilen des porösen Mediums.

- Φ : Porosität = rel. Volumenanteil der Porenraums
- V_T : rel. Volumenanteil des Tons

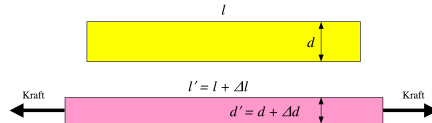


Plattenmodell nach Wyllie
 Laufzeit der Welle: $T = T_{Matrix} + T_{Fluid} + T_{Ton}$. Wegen $T \propto V^{-1}$ folgt für die mittlere/effektive Geschwindigkeit im Gestein:

$$\frac{1}{V_{eff}} = \frac{1 - \Phi - V_T}{V_{Matrix}} + \frac{\Phi}{V_{Fluid}} + \frac{V_T}{V_{Ton}}$$

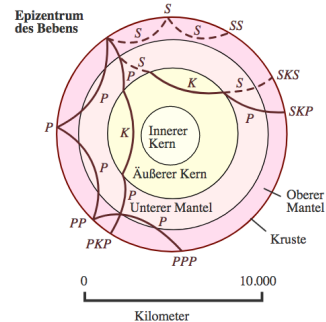
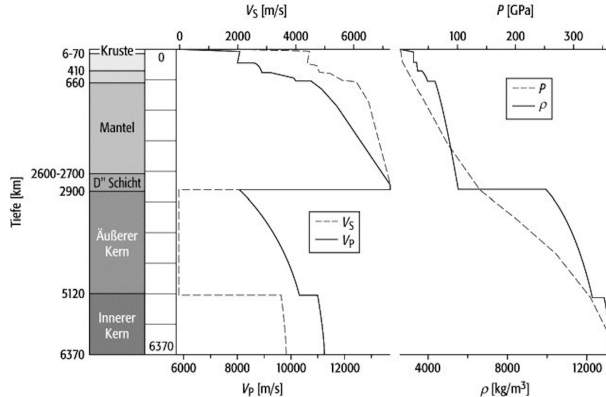
Die Poisson-Zahl

- Poisson-Zahl heißt auch Querkontraktionszahl
- Definition $\sigma = \frac{\Delta d / d}{\Delta l / l}$
- Er lässt sich aus dem Verhältnis $a = V_p / V_s$ berechnen : $\sigma = \frac{a^2 - 2}{2a^2 - 2}$
- Wertebereich:
 - Kristalline Gesteine: $a = \sqrt{3}, \sigma = 0.25$
 - Lockersedimente $a = 5 - 20, \sigma = 0.4 - 0.5$
 - Wasser $V_s = 0, \sigma = 0.5$



Ein Körper wird unter Zugspannung länger und dünner Quelle:Wikipedia

Ausbreitungsgeschwindigkeiten in der Erde



Prominente Diskontinuitäten: Kruste-Mantel (20-40km), Mineralumwandlungen im Mantel (410 km, 660 km), Thermische Grenzschicht D'' (2600-2900 km), äußerer Kern (flüssig)/innerer Kern (fest).

Quelle: Spektrum.de Lexikon der Physik. Erde

Agenda

1. Einführung

- Inhalte und Literatur
- Was ist Geophysik ?

2. Seismische Wellenausbreitung

- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- Oberflächenwellen
- Ausbreitungsgeschwindigkeiten
- Kinematische Beschreibung der Wellenausbreitung

3. Zusammenfassung

4. Referenzen

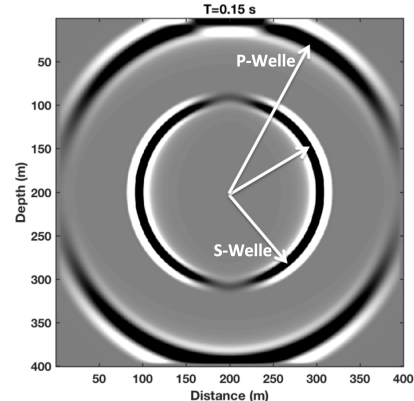
Strahlen und Wellenfronten

Wellenfronten

- Aufenthaltsort der Welle zu einem Zeitpunkt
- räumliche Ausdehnung beträgt eine Wellenlänge $\lambda = V/f$
- Lösung der Wellengleichung

Strahlen

- stehen senkrecht auf der Wellenfront
- Wege des Energietransports
- Hochfrequenznäherung der Wellengleichung

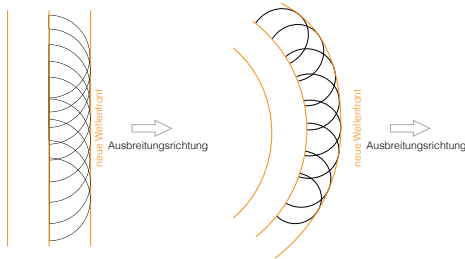


Wellenfronten und Strahlen

($f_c = 30\text{Hz}$, $V_p = 1500\text{m/s}$, $V_s = 800\text{m/s}$, $\rho = 2000\text{kg/m}^3$, $\lambda_p \approx 50\text{m}$)

Prinzip nach Huygens

Jeder Punkt einer Wellenfront ist Ausgangspunkt einer neuen Elementarwelle. Die konstruktive Interferenz aller Elementarwellen bildet die neue Wellenfront.



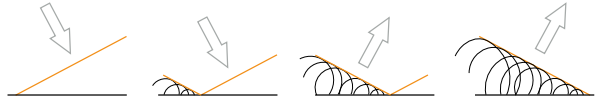
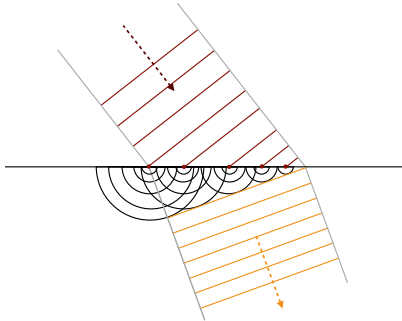
Fortschreiten einer ebenen Wellenfront (links) sowie einer sphärischen Wellenfront (rechts) in einem homogenen Medium.



Christiaan Huygens (1629-1695, Niederlande) war einer der führenden Mathematiker und Physiker des 17. Jahrhunderts.
Quelle: Wikipedia

Prinzip nach Huygens

Trifft eine Welle auf eine Diskontinuität (Sprung in der Ausbreitungsgeschwindigkeit) wird die Wellenfront gekrümmt. Die Diskontinuität ist dann selbst Ausgangspunkt neuer Elementarwellen.

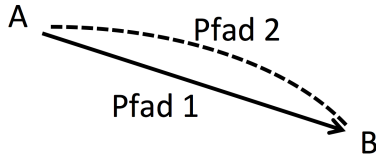


Brechung und Reflexion ebener Wellen an einer Schichtgrenze.

Das Fermatsche Prinzip

Das Fermatsche Prinzip ist ein weiteres hilfreiches Prinzip für die Berechnung von Strahlen. Es besagt, dass der Strahl mit der kürzesten Laufzeit realisiert wird.

$$T = \int_A^B \frac{ds}{V(x, y, z)} \stackrel{!}{=} \text{Min}$$



Pfad 1 wird realisiert, falls seine Laufzeit kürzer ist.

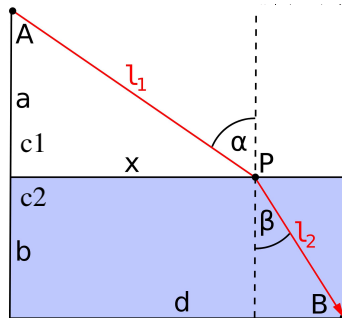


Pierre de Fermat (1607-1665) war ein französischer Mathematiker und Jurist.

Quelle: Wikipedia

Herleitung des Brechungsgesetzes aus dem Fermatschen Prinzip

$$t(x) = t_1 + t_2 = \frac{l_1}{c_1} + \frac{l_2}{c_2}$$



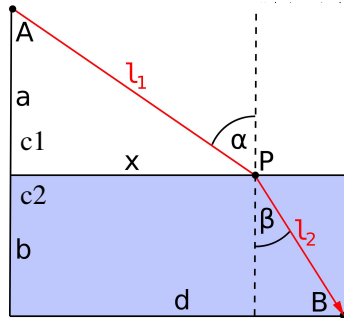
Bildquelle: Wikipedia

$$\frac{\sin(\alpha)}{c_1} = \frac{\sin(\beta)}{c_2}$$

Brechungsgesetz nach Snellius

Herleitung des Brechungsgesetzes aus dem Fermatschen Prinzip

$$\begin{aligned} t(x) &= t_1 + t_2 = \frac{l_1}{c_1} + \frac{l_2}{c_2} \\ &= \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{c_1} + \frac{\sqrt{(d-x)^2 + b^2}}{c_2} \end{aligned}$$



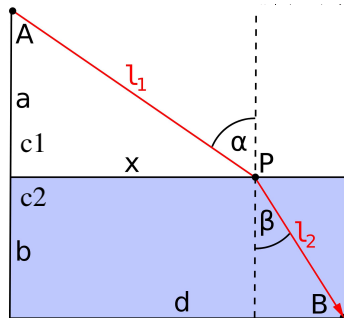
Bildquelle: Wikipedia

$$\frac{\sin(\alpha)}{c_1} = \frac{\sin(\beta)}{c_2}$$

Brechungsgesetz nach Snellius

Herleitung des Brechungsgesetzes aus dem Fermat-schen Prinzip

$$\begin{aligned}t(x) &= t_1 + t_2 = \frac{l_1}{c_1} + \frac{l_2}{c_2} \\&= \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{c_1} + \frac{\sqrt{(d-x)^2 + b^2}}{c_2} \\ \frac{dt}{dx} &= \frac{2x}{2c_1\sqrt{x^2 + a^2}} - \frac{2(d-x)}{2c_2\sqrt{(d-x)^2 + b^2}}\end{aligned}$$



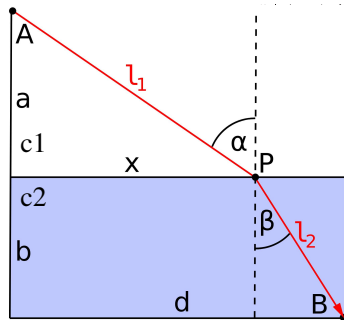
Bildquelle: Wikipedia

$$\frac{\sin(\alpha)}{c_1} = \frac{\sin(\beta)}{c_2}$$

Brechungsgesetz nach Snellius

Herleitung des Brechungsgesetzes aus dem Fermatschen Prinzip

$$\begin{aligned}t(x) &= t_1 + t_2 = \frac{l_1}{c_1} + \frac{l_2}{c_2} \\&= \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{c_1} + \frac{\sqrt{(d-x)^2 + b^2}}{c_2} \\ \frac{dt}{dx} &= \frac{2x}{2c_1\sqrt{x^2 + a^2}} - \frac{2(d-x)}{2c_2\sqrt{(d-x)^2 + b^2}} \\ \frac{dt}{dx} &\stackrel{!}{=} 0 \quad \text{Fermat!}\end{aligned}$$



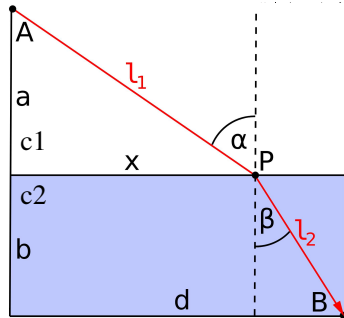
Bildquelle: Wikipedia

$$\frac{\sin(\alpha)}{c_1} = \frac{\sin(\beta)}{c_2}$$

Brechungsgesetz nach Snellius

Herleitung des Brechungsgesetzes aus dem Fermatschen Prinzip

$$\begin{aligned}t(x) &= t_1 + t_2 = \frac{l_1}{c_1} + \frac{l_2}{c_2} \\&= \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{c_1} + \frac{\sqrt{(d-x)^2 + b^2}}{c_2} \\ \frac{dt}{dx} &= \frac{2x}{2c_1\sqrt{x^2 + a^2}} - \frac{2(d-x)}{2c_2\sqrt{(d-x)^2 + b^2}} \\ \frac{dt}{dx} &\stackrel{!}{=} 0 \quad \text{Fermat!} \\ 0 &= \frac{x}{c_1\sqrt{x^2 + a^2}} - \frac{d-x}{c_2\sqrt{(d-x)^2 + b^2}}\end{aligned}$$



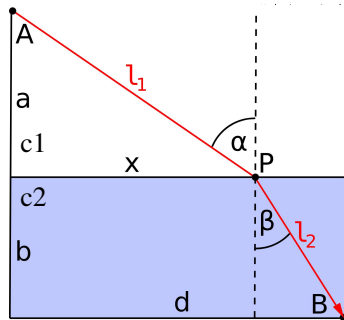
Bildquelle: Wikipedia

$$\frac{\sin(\alpha)}{c_1} = \frac{\sin(\beta)}{c_2}$$

Brechungsgesetz nach Snellius

Herleitung des Brechungsgesetzes aus dem Fermatschen Prinzip

$$\begin{aligned}t(x) &= t_1 + t_2 = \frac{l_1}{c_1} + \frac{l_2}{c_2} \\&= \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{c_1} + \frac{\sqrt{(d-x)^2 + b^2}}{c_2} \\ \frac{dt}{dx} &= \frac{2x}{2c_1\sqrt{x^2 + a^2}} - \frac{2(d-x)}{2c_2\sqrt{(d-x)^2 + b^2}} \\ \frac{dt}{dx} &\stackrel{!}{=} 0 \quad \text{Fermat!} \\ 0 &= \frac{x}{c_1\sqrt{x^2 + a^2}} - \frac{d-x}{c_2\sqrt{(d-x)^2 + b^2}} \\ &= \frac{1}{c_1} \frac{x}{l_1} - \frac{1}{c_2} \frac{d-x}{l_2}\end{aligned}$$



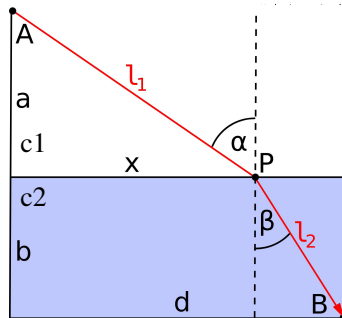
Bildquelle: Wikipedia

$$\frac{\sin(\alpha)}{c_1} = \frac{\sin(\beta)}{c_2}$$

Brechungsgesetz nach Snellius

Herleitung des Brechungsgesetzes aus dem Fermatschen Prinzip

$$\begin{aligned}
 t(x) &= t_1 + t_2 = \frac{l_1}{c_1} + \frac{l_2}{c_2} \\
 &= \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{c_1} + \frac{\sqrt{(d-x)^2 + b^2}}{c_2} \\
 \frac{dt}{dx} &= \frac{2x}{2c_1\sqrt{x^2 + a^2}} - \frac{2(d-x)}{2c_2\sqrt{(d-x)^2 + b^2}} \\
 \frac{dt}{dx} &\stackrel{!}{=} 0 \quad \text{Fermat!} \\
 0 &= \frac{x}{c_1\sqrt{x^2 + a^2}} - \frac{d-x}{c_2\sqrt{(d-x)^2 + b^2}} \\
 &= \frac{1}{c_1} \frac{x}{l_1} - \frac{1}{c_2} \frac{d-x}{l_2} = \frac{1}{c_1} \sin(\alpha) - \frac{1}{c_2} \sin(\beta)
 \end{aligned}$$



Bildquelle: Wikipedia

$$\frac{\sin(\alpha)}{c_1} = \frac{\sin(\beta)}{c_2}$$

Brechungsgesetz nach Snellius

Zusammenfassung

1. Einführung

- Inhalte und Literatur
- Was ist Geophysik ?

2. Seismische Wellenausbreitung

- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- Oberflächenwellen
- Ausbreitungsgeschwindigkeiten
- Kinematische Beschreibung der Wellenausbreitung

3. Zusammenfassung

4. Referenzen

Zusammenfassung

- Die Geophysik beschreibt die Erde mit physikalischen Methoden. Die Fragestellungen benötigen oft Kenntnisse aus den Geowissenschaften, der Mathematik und Informatik.

Zusammenfassung

- Die Geophysik beschreibt die Erde mit physikalischen Methoden. Die Fragestellungen benötigen oft Kenntnisse aus den Geowissenschaften, der Mathematik und Informatik.
- Die Seismik beschäftigt sich mit der Abbildung von Strukturen im Erdinneren mit Hilfe von seismischen Wellen.

Zusammenfassung

- Die Geophysik beschreibt die Erde mit physikalischen Methoden. Die Fragestellungen benötigen oft Kenntnisse aus den Geowissenschaften, der Mathematik und Informatik.
- Die Seismik beschäftigt sich mit der Abbildung von Strukturen im Erdinneren mit Hilfe von seismischen Wellen.
- In der Seismik werden Raumwellen (P- und S-Wellen) sowie Oberflächenwellen (Rayleigh- und Love-Wellen) verwendet. Die Wellen unterscheiden sich bezüglich ihres Wellenweges (Raum, Oberfläche), der Partikelbewegung (longitudinal, transversal, elliptisch) sowie der Ausbreitungsgeschwindigkeit ($V_p > V_s > V_R$).

Zusammenfassung

- Die Geophysik beschreibt die Erde mit physikalischen Methoden. Die Fragestellungen benötigen oft Kenntnisse aus den Geowissenschaften, der Mathematik und Informatik.
- Die Seismik beschäftigt sich mit der Abbildung von Strukturen im Erdinneren mit Hilfe von seismischen Wellen.
- In der Seismik werden Raumwellen (P- und S-Wellen) sowie Oberflächenwellen (Rayleigh- und Love-Wellen) verwendet. Die Wellen unterscheiden sich bezüglich ihres Wellenweges (Raum, Oberfläche), der Partikelbewegung (longitudinal, transversal, elliptisch) sowie der Ausbreitungsgeschwindigkeit ($V_p > V_s > V_R$).
- Die Ausbreitungsgeschwindigkeit enthält wichtige Informationen über die Gesteinseigenschaften, z.B. Fluidgehalt, Mineralzusammensetzung.
- Die Ausbreitung der seismischen Wellen kann mit Hilfe von Strahlen beschrieben werden. Diese stehen senkrecht auf einer Wellenfront.

Zusammenfassung

- Die Geophysik beschreibt die Erde mit physikalischen Methoden. Die Fragestellungen benötigen oft Kenntnisse aus den Geowissenschaften, der Mathematik und Informatik.
- Die Seismik beschäftigt sich mit der Abbildung von Strukturen im Erdinneren mit Hilfe von seismischen Wellen.
- In der Seismik werden Raumwellen (P- und S-Wellen) sowie Oberflächenwellen (Rayleigh- und Love-Wellen) verwendet. Die Wellen unterscheiden sich bezüglich ihres Wellenweges (Raum, Oberfläche), der Partikelbewegung (longitudinal, transversal, elliptisch) sowie der Ausbreitungsgeschwindigkeit ($V_P > V_S > V_R$).
- Die Ausbreitungsgeschwindigkeit enthält wichtige Informationen über die Gesteinseigenschaften, z.B. Fluidgehalt, Mineralzusammensetzung.
- Die Ausbreitung der seismischen Wellen kann mit Hilfe von Strahlen beschrieben werden. Diese stehen senkrecht auf einer Wellenfront.
- Das Huygens'sche Prinzip beschreibt die Ausbreitung von Wellenfronten.

Zusammenfassung

- Die Geophysik beschreibt die Erde mit physikalischen Methoden. Die Fragestellungen benötigen oft Kenntnisse aus den Geowissenschaften, der Mathematik und Informatik.
- Die Seismik beschäftigt sich mit der Abbildung von Strukturen im Erdinneren mit Hilfe von seismischen Wellen.
- In der Seismik werden Raumwellen (P- und S-Wellen) sowie Oberflächenwellen (Rayleigh- und Love-Wellen) verwendet. Die Wellen unterscheiden sich bezüglich ihres Wellenweges (Raum, Oberfläche), der Partikelbewegung (longitudinal, transversal, elliptisch) sowie der Ausbreitungsgeschwindigkeit ($V_P > V_S > V_R$).
- Die Ausbreitungsgeschwindigkeit enthält wichtige Informationen über die Gesteinseigenschaften, z.B. Fluidgehalt, Mineralzusammensetzung.
- Die Ausbreitung der seismischen Wellen kann mit Hilfe von Strahlen beschrieben werden. Diese stehen senkrecht auf einer Wellenfront.
- Das Huygens'sche Prinzip beschreibt die Ausbreitung von Wellenfronten.
- Das Fermatsche Prinzip beschreibt die Ausbreitung von Strahlen.

Zusammenfassung

- Die Geophysik beschreibt die Erde mit physikalischen Methoden. Die Fragestellungen benötigen oft Kenntnisse aus den Geowissenschaften, der Mathematik und Informatik.
- Die Seismik beschäftigt sich mit der Abbildung von Strukturen im Erdinneren mit Hilfe von seismischen Wellen.
- In der Seismik werden Raumwellen (P- und S-Wellen) sowie Oberflächenwellen (Rayleigh- und Love-Wellen) verwendet. Die Wellen unterscheiden sich bezüglich ihres Wellenweges (Raum, Oberfläche), der Partikelbewegung (longitudinal, transversal, elliptisch) sowie der Ausbreitungsgeschwindigkeit ($V_p > V_s > V_R$).
- Die Ausbreitungsgeschwindigkeit enthält wichtige Informationen über die Gesteinseigenschaften, z.B. Fluidgehalt, Mineralzusammensetzung.
- Die Ausbreitung der seismischen Wellen kann mit Hilfe von Strahlen beschrieben werden. Diese stehen senkrecht auf einer Wellenfront.
- Das Huygens'sche Prinzip beschreibt die Ausbreitung von Wellenfronten.
- Das Fermatsche Prinzip beschreibt die Ausbreitung von Strahlen.
- Aus dem Fermatschen Prinzip ergibt sich das Brechungsgesetz mit dem Ausbreitungswege bei bekannten Geschwindigkeiten in der Erde berechnet werden können.

Vielen Dank!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

✉ Thomas.Bohlen@kit.edu

🔗 <http://www.gpi.kit.edu/>

Veröffentlicht unter  Lizenz.

Referenzen

Shearer, P. (2009), *Introduction to seismology*, Cambridge University Press.