

Dynamische Erde I

Übung 11

Seismische Wellen und Phasen

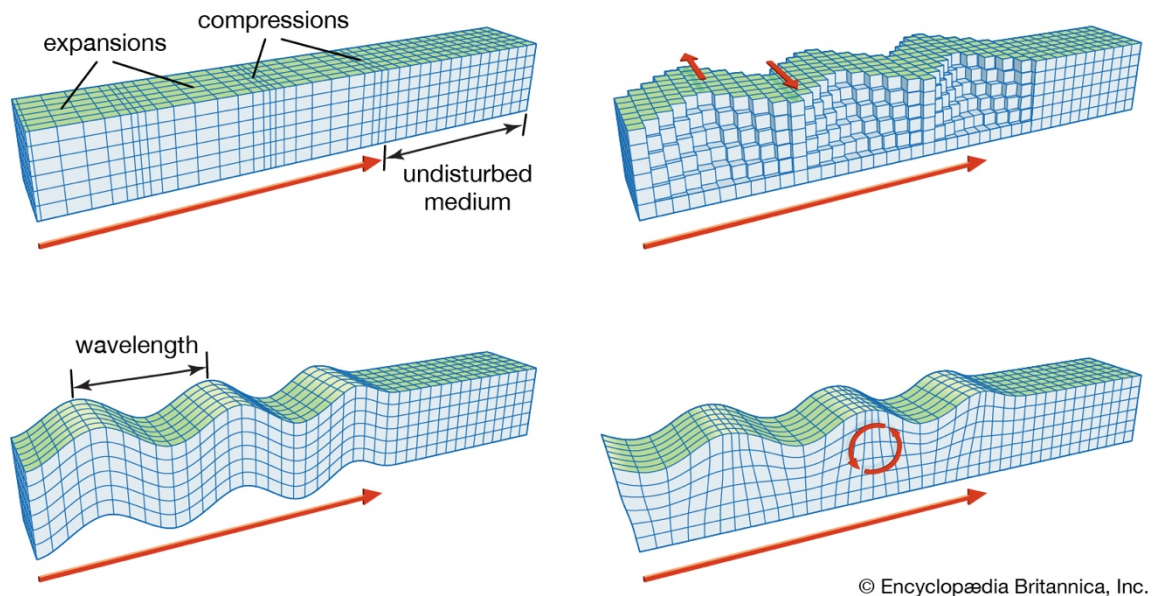
Andreas Fichtner (*andreas.fichtner@erdw.ethz.ch*)

Lion Krischer (*lion.krischer@erdw.ethz.ch*)

Lernziele:

- ⇒ Die Studierenden kennen die verschiedenen Arten von seismischen Wellen.
 - ⇒ Die Studierenden können diverse seismische Phasen benennen und unterscheiden.
 - ⇒ Die Studierenden verstehen das Brechungsgesetz und die Umwandlung von seismischen Phasen.
-

Übung 11.1: Seismische Wellen



<https://www.britannica.com/science/seismograph/Applications-of-the-seismograph#/media/1/532943/210259>

- In der festen Erde breiten sich seismische Wellen entweder als Raum- oder als Oberflächenwellen aus. Es gibt jeweils zwei Arten von Raum- und zwei Arten von Oberflächenwellen. Nennen Sie diese und beschriften Sie die obige Abbildung.
- Warum haben Oberflächenwellen normalerweise eine größere Amplitude als Raumwellen?
- Geben Sie die Partikelbewegung für jeden der vier Wellentypen relativ zur Ausbreitungsrichtung der Wellen an.
- Welcher der bereits genannten Wellentypen existiert nicht in einem homogenen Halbraum (homogen = überall das gleiche Material)?
- Warum sind seismische Wellenfelder so viel komplizierter als zum Beispiel die Wellenfelder von Schallwellen?

Übung 11.2: Die Namensgebung von seismischen Phasen

Seismische Wellen breiten sich innerhalb der Erde entlang verschiedener Pfade aus. Im Volumen sind sie entweder als Kompressions- oder als Scherwellen (P- oder S-Wellen) unterwegs. An diversen Diskontinuitäten und an der Erdoberfläche können sie reflektiert, refraktiert (gebrochen) und von einem Wellentyp in den anderen umgewandelt werden. Seismologen haben im Laufe der Jahre ein System entwickelt um diese unterschiedlichen Phasen und Wege zu unterscheiden.

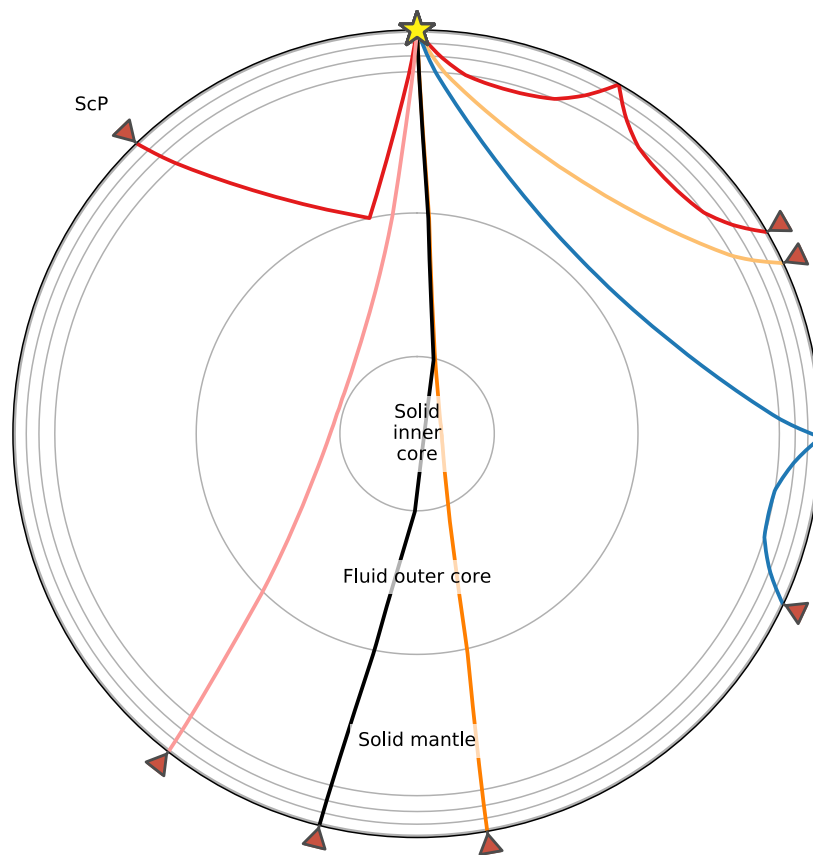
Die **ScP** Phase zum Beispiel beginnt ihre Reise als eine Scherwelle (**S**) im Erdmantel, wird anschließend an der Kern-Mantel-Grenze (**c**) reflektiert und in eine Kompressionswelle (**P**) umgewandelt bis sie an der seismischen Station aufgezeichnet wird.

Diese Namensgebung folgt ein paar einfachen Regeln:

- Großbuchstaben beschreiben immer die Art von Welle und wo sie auftritt: **P** (Kompressionswelle in der Erdkruste oder im Erdmantel), **S** (Scherwelle in der Erdkruste oder im Erdmantel), **K** (Kompressionswelle im Äußeren Erdkern), **I** (Kompressionswelle im Inneren Erdkern), **J** (Scherwelle im Inneren Erdkern)
- Kleinbuchstaben hingegen beschreiben Interaktionen von Wellen mit Diskontinuitäten und Oberflächen: **c** (Reflektion an der Oberseite der Kern-Mantel-Grenze), **i** (Reflektion an der Oberseite der Grenze zwischen Äußeren und Inneren Erdkern), Reflektionen an der Erdoberfläche bekommen keinen extra Buchstaben sondern werden durch zwei direkt aufeinanderfolgende Großbuchstaben beschrieben (z.B. **PP**).

Es gibt noch einige andere Buchstaben und Regeln aber die obengenannten sind die wichtigsten und sie sind genug um diese Aufgabe zu lösen.

In der folgenden Illustration sind verschiedene Wellenpfade in der Erde aufgezeichnet. Nehmen sie jedes Teilstück entweder als Kompressions- oder als Scherwelle an (außer natürlich im Äußeren Erdkern). **Benennen Sie die Phasen.** Der Stern gibt an wo das Erdbeben stattfand und die Dreiecke sind seismologische Aufzeichnungsstationen.



Solid inner core = Fester Innerer Erdkern

Fluid outer core = Flüssiger Äußerer Erdkern

Solid mantle: Fester Erdmantel

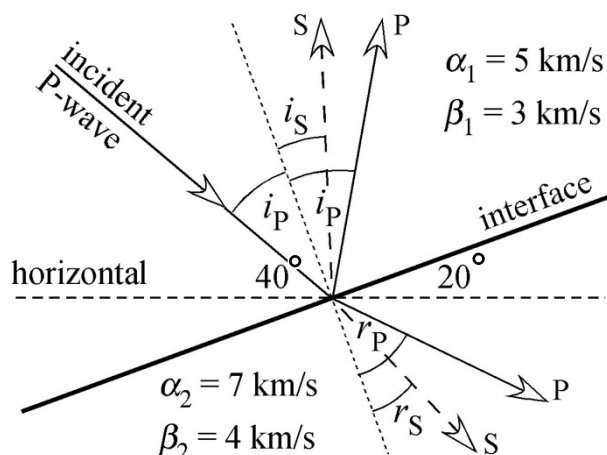
Übung 11.3 Snelliussches Brechungsgesetz

In der Vorlesung lernten Sie das Snelliussche Brechungsgesetz kennen, dass den Einfallswinkel i_P zum Brechungswinkel r_S mit Hilfe der Materialgeschwindigkeiten α_1 und β_2 zueinander in Verbindung setzt (in diesem Fall ist das für eine Kompressionswelle die an der Materialgrenze in eine Schwerwelle umgewandelt wird):

$$\frac{\sin i_P}{\sin r_S} = \frac{\alpha_1}{\beta_2} \quad \text{was auch wie folgt geschrieben werden kann} \quad \frac{\sin i_P}{\alpha_1} = \frac{\sin r_S}{\beta_2}$$

Eine einfallende P-Welle wird umgewandelt in jeweils eine gebrochene und eine reflektierte Kompressions- und Schwerwelle. Die Materialgrenze hat einen Winkel von 20° gemessen von der Horizontalen, wie in der untenstehenden Abbildung ersichtlich. Die Kompressions- und Schwerwellengeschwindigkeiten sind $5 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ und $3 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ oberhalb der Materialgrenze und $7 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ und $4 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ darunter.

Eine einfallende Kompressionswelle trifft mit einem Winkel von 40° zur Horizontalen auf die Grenze zwischen den zwei Materialien. **Berechnen Sie die Winkel zur Horizontalen, die die ausfallenden gebrochenen und reflektierten Kompressions- und Scherwellen haben.** Die folgende Abbildung veranschaulicht das Problem:



Ein paar Tipps:

- Das Brechungsgesetz gilt auch für Reflexionen.
- Denken Sie daran, dass alle Winkel im Brechungsgesetz immer relativ zur Senkrechten auf die Materialgrenze gemessen werden (i_P und r_S) in der Abbildung.
- Kompressions- können in gebrochene und reflektierte Schwerwellen (und anders herum) umgewandelt werden. Stellen Sie nur sicher, dass sie die jeweils zugehörigen Geschwindigkeiten nehmen.
- Passen Sie auf den Unterschied zwischen Grad und Bogenmaß beim Benutzen der trigonometrischen Funktionen auf.