# Aufgabe 1: Wellen

Seismik

## 1) Information

Erdbeben erzeugen Schwingungen im festen Gestein, die in unterschiedlichsten Orientierungen auftreten. Dies führt zu verschiedenen Wellen, die sich dreidimensional im Erdkörper ausbreiten und je nach Anregungsrichtung und Ausbreitungsrichtung sowohl Longitudinalwellen als auch Transversalwellen sind. Durch unzählige Einzelerregungen beim Beben kann man von einer Mischung ausgehen und daher in jeder Richtung beide Anteile betrachten und messen.

*Alle Bildquellen dieser Aufgabe: CD-ROM „System Erde", IPN Kiel*

### Erdbebenwellentypen

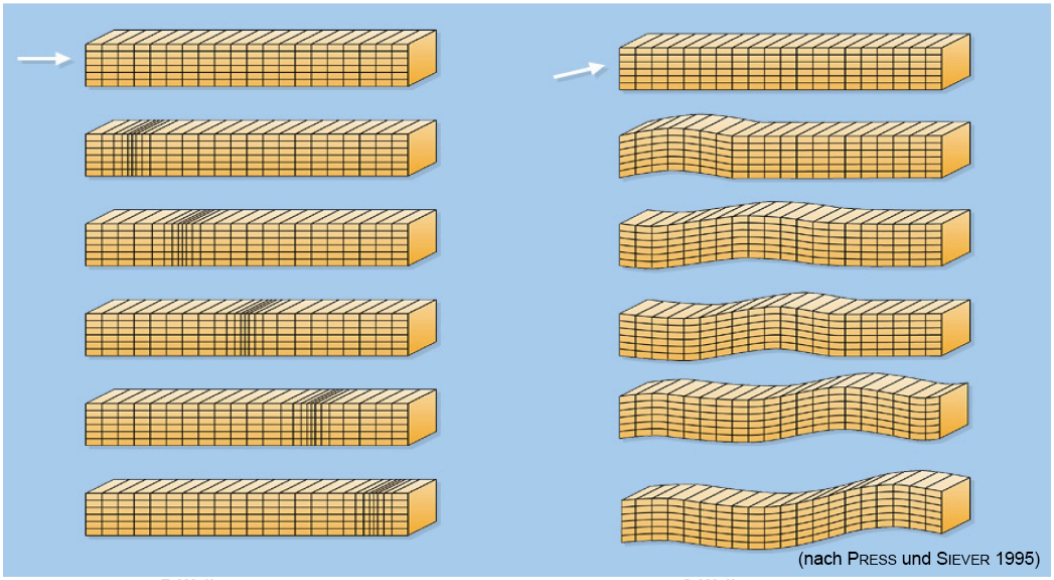


Bild 1

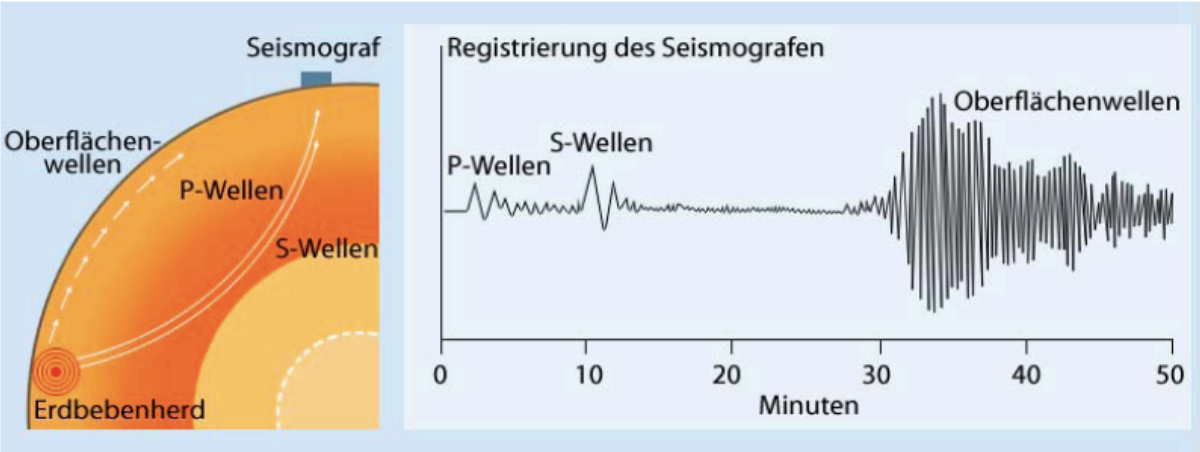


**Abbildung 6: Seismogramm eines Fernbebens mit aufgezeichneten Primär (P)-, Sekundär (S)- und Oberflächenwellen. Links ist ein Schnitt durch die Erde gezeigt, in den die Strecken eingezeichnet sind, die die Wellen zurückgelegt haben (nach PRESS und SIEVER 1995). Je später die S-Wellen nach den P-Wellen am Seismografen eintreffen, desto weiter entfernt liegt der Erdbebenherd.**

In „Abbildung 6" sehen Sie die skizzierten Wege der drei Wellentypen der Seismik: P-, S- und Oberflächenwellen sowie eine Beben-Aufzeichnung eines Seismographen, der sowohl Longitudinal- als auch Transversalwellen registriert.

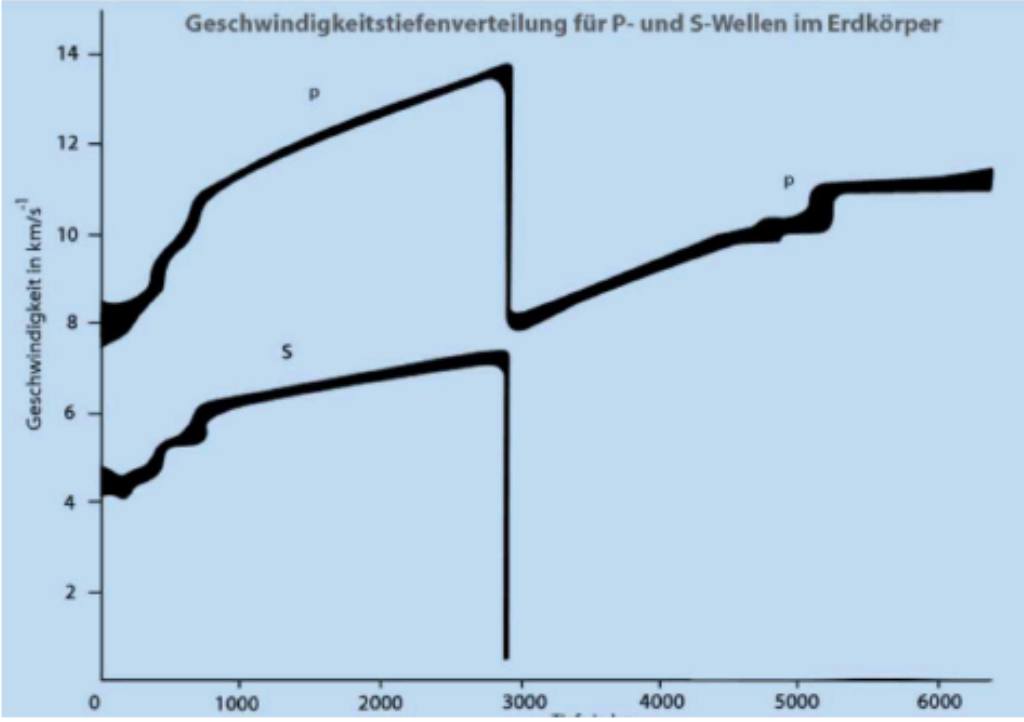


Abbildung 1: Geschwindigkeit der P-Wellen (Primarwellen) und S-Wellen (Sekundärwellen) in verschiedenen Tiefen der Erde. Die Wellen breiten sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit im Erdinneren aus. Dies ist ein Hinweis darauf, dass das Erdinnere aus verschiedenen Materialien aufgebaut ist (verändert nach BOLT 1976).

| Material | P-Wellen * km/s | S-Wellen * km/s | Dichte* g/cm³ |
|---|---|---|---|
| Luft | 0,32 | 0 | 0,001 |
| Wasser | 1,5 | 0 | 1,0 |
| Eis | 3,2 | 2,3 | 0,92 |
| Schiefer | 3,6 | 2,6 | 2,4 |
| Sandstein | 4,3 | 2,6 | Keine Angabe |
| Salz | 4,7 | 2,9 | 2,5 |
| Kalkstein | 5,0 | 2,9 | 2,7 |
| Quarz | 5,7 | 3,8 | 2,7 |
| Granit | 6,7 | 2,9 | 2,6 |
| Peridotit | 8,1 | 4,2 | 3,3 |

Abbildung 2: Typische Werte für Dichte und die Geschwindigkeit der P- und S-Wellen in verschiedenen Medien (nach: LILLIE 1999).

Bild 3 (Abbildung 1) und Tabelle 1 (Abbildung 2)

In Bild 2 (siehe nächste Seite, links) sehen Sie angedeutet die Wege ausgewählter Wellennormalen durch den Erdkörper. In dieser Näherung (Modell) geht man von sauber zu unterscheidenden Schichten aus.

Bild 3 zeigt die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen in Abhängigkeit von der Tiefe, Tabelle 1 nennt einige Ausbreitungsgeschwindigkeiten für bestimmte Mineralien.

In Bild 4 (siehe nächste Seite, rechts) sehen Sie eine Darstellung einiger Wellen-Normalen im Erdkörper. Die blauen Linien sind S- und P-Wellen, die roten gestrichelten Linien sind Wellen-Normalen von P-Wellen.

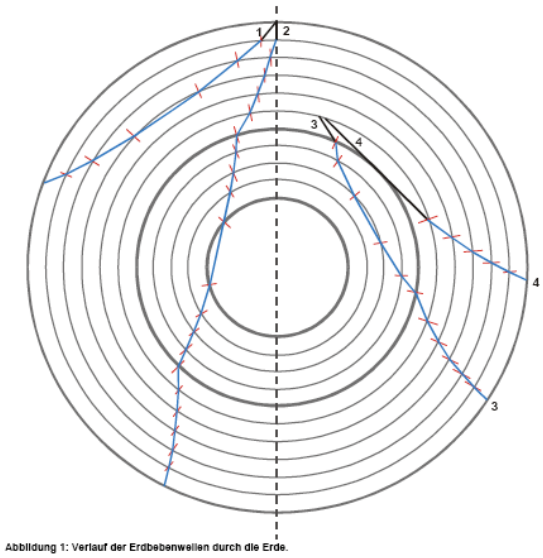


Bild 2

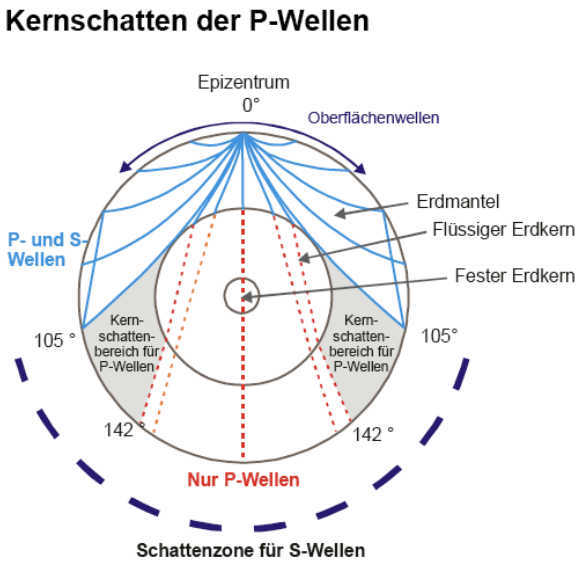


Bild 4

## 2) Aufgaben

a) Ordnen Sie den so genannten P- bzw. S-Wellen die Begriffe Transversal- bzw. Longitudinalwelle zu (Bild 1).

b) Beschreiben Sie Wege und Geschwindigkeiten der drei Wellentypen der Seismik: P-, S- und Oberflächenwellen, so wie Sie es aus Bild 2 entnehmen können. Begründen Sie dies auch mit dem Seismogramm.

c) Was schließen Sie aus der Beobachtung, dass P-Wellen schneller sind als S-Wellen, für die molekularen Kopplungskräfte in Festkörpern?

d) Stellen Sie das Brechungsgesetz aus der Optik dar. Erläutern Sie die Zusammenhänge zwischen Winkeln und Lichtgeschwindigkeiten.

e) Begründen Sie die Änderung der Ausbreitungsrichtung (Wellennormale) der seismischen Wellen mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit. Nutzen Sie das Modell in Bild 2.

f) Erklären Sie, wie es zur Schattenzone für S-Wellen kommt (Bild 4) und stellen Sie dar, was man mit diesem Effekt bei der Erforschung des Erdinneren anfangen kann. Nehmen Sie auch Bezug zu Bild 3.

g) Berechnen Sie die Wellenlänge einer Schwingung mit f=0,1Hz, die sich als Longitudinalwelle in Granit ausbreitet.