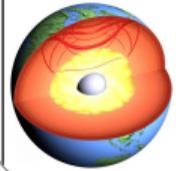


Einführung in die Geophysik I

Einführung, Seismische Wellenausbreitung

Thomas Bohlen, Geophysikalisches Institut, Fakultät für Physik

Seismologie



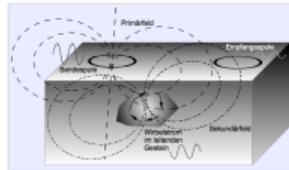
Seismik



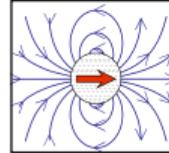
Georadar



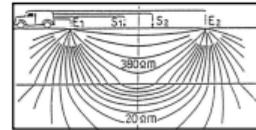
Elektromagnetik



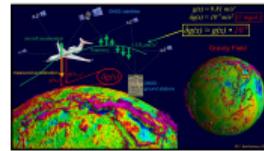
Magnetik



Geoelektrik



Gravimetrie



Agenda

1. Einführung

- Inhalte und Literatur
- Was ist Geophysik ?

2. Seismische Wellenausbreitung

- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- Oberflächenwellen

3. Zusammenfassung

4. Referenzen

Agenda

1. Einführung

- Inhalte und Literatur
- Was ist Geophysik ?

2. Seismische Wellenausbreitung

- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- Oberflächenwellen

3. Zusammenfassung

4. Referenzen

Inhalte der Vorlesung

Einführung in die Geophysik I, WS 2023/24, Kl. HS B			
#	Datum	Vorlesung (09:45-11:15h)	Übungen (11:30-12:30h)
1	25.10.23	Einführung, Wellenausbreitung	
	01.11.23	Feiertag	
2	08.11.23	Wellenausbreitung	
3	15.11.23	Refraktionsseismik	Ü1: Moduln
4	22.11.23	Reflexionsseismik	Ü2: Refraktionsseismik
	29.11.23	Studieninformationstag, Keine Vorlesung	
5	06.12.23	Elektromagnetische Wechselwirkungen	Ü3: Reflexionsseismik
6	13.12.23	Georadar	
7	20.12.23	Geoelektrik	Ü4: Georadar
8	10.01.24	Gravimetrie	Ü5: Geoelektrik
9	17.01.24	Gravimetrie	
10	24.01.24	Magnetik	Ü6: Gravimetrie
11	31.01.24	Magnetik	
12	07.02.24	EM-Verfahren	Ü7: Magnetik
	14.02.24	Klausur	

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

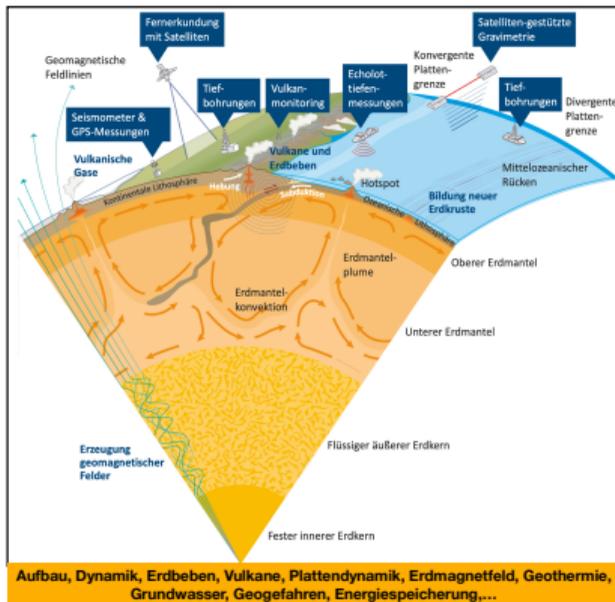
- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- Oberflächenwellen

3. Zusammenfassung

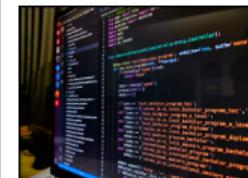
4. Referenzen

Kompetenzen der Geophysik

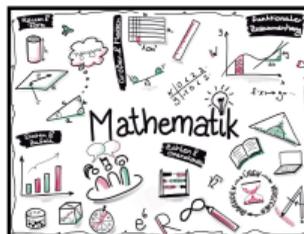
- **Fundament:** Mathematik und Physik
- **Anwendungen:** Geowissenschaften
- Programmieren, Computing, KI



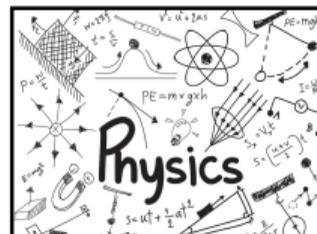
Geologie, Mineralogie, Paläontologie, Hydrologie, Geodäsie



Programmieren, High Performance Computing, Datenanalyse



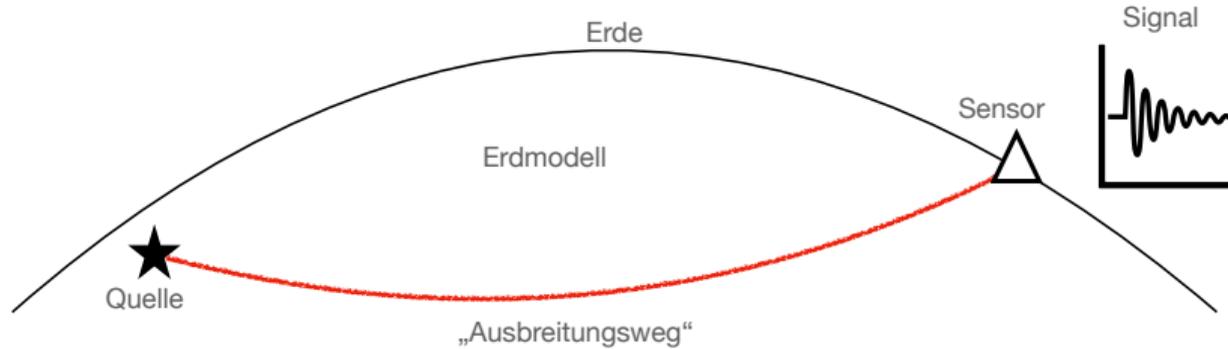
Analysis, Geometrie, Statistik, Numerik, Differentialgleichungen



Mechanik, Elektromagnetik, Gravitation, Thermodynamik, Atomphysik

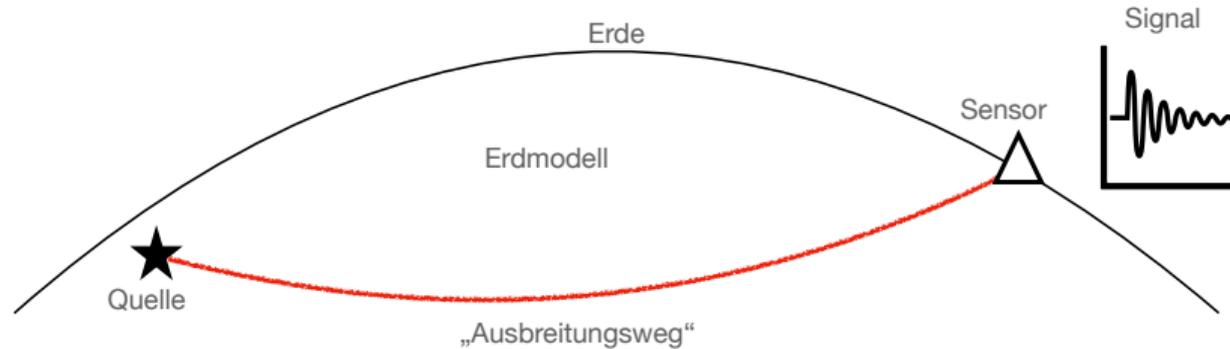


Was ist Geophysik ?



Ziel: Rekonstruktion des Erdmodells aus gemessenen Signalen

Was ist Geophysik ?

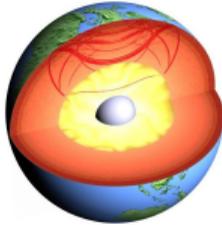


Ziel: Rekonstruktion des Erdmodells aus gemessenen Signalen

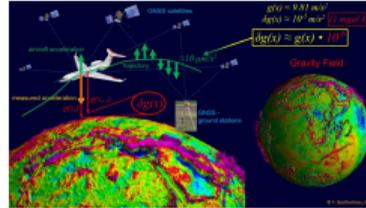
Anwendungsgebiete auf verschiedenen Raum-Zeit-Skalen: Aufbau und Dynamik der Erde, Erdmagnetfeld, Vulkane, Geo-gefahren, Plattentektonik, Geothermie, KW-Exploration, Endlagererkundung, Grundwasser, Untertagebau, Baugrund, archäologische Prospektion, zerstörungsfreie Materialprüfung, Kampfmitteldetektion,...

Methoden der Geophysik

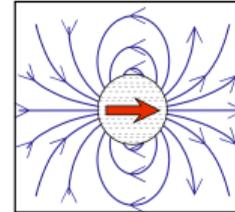
Seismologie



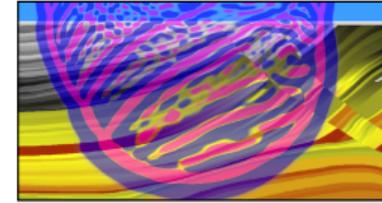
Gravimetrie



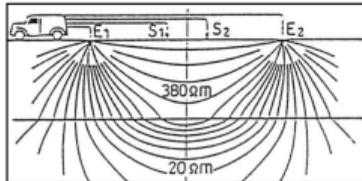
Magnetik



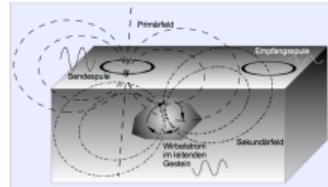
Seismik



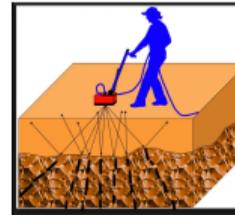
Geoelektrik



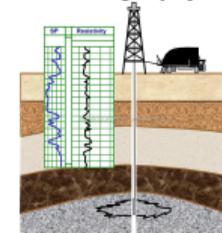
Elektromagnetik



Georadar



Bohrlochgeophysik

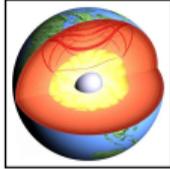


Herausforderungen in Forschung&Entwicklung

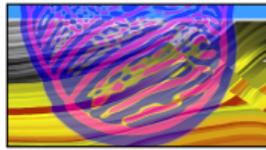
- Numerische Lösung gekoppelter Differentialgleichungen (Simulation)
- High Performance Computing: realistische Simulationen in immer höherer Auflösung
- Big Data und Auswertung mit KI
- Kombination von verschiedenen Methoden
- ...

Zusammenfassung: Was ist Geophysik ?

Seismologie



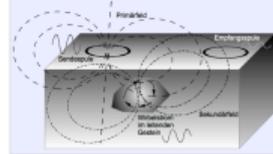
Seismik



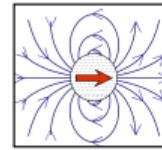
Georadar



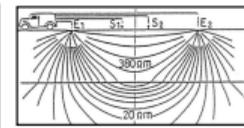
Elektromagnetik



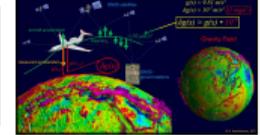
Magnetik



Geoelektrik



Gravimetrie



- Erkundung der Erde mit den Methoden der Mathematik und Physik
- Breites Spektrum an physikalischen Methoden liefern Erdmodelle physikalischer Parameter mit unterschiedlicher Auflösung und Eindringung
- Verifikation und Verfeinerung der geophysikalischen Erdmodelle durch andere geowissenschaftliche Beobachtungen und insbesondere Bohrungen i.d.R. sinnvoll/erforderlich

Agenda

1. Einführung

- Inhalte und Literatur
- Was ist Geophysik ?

2. Seismische Wellenausbreitung

- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- Oberflächenwellen

3. Zusammenfassung

4. Referenzen

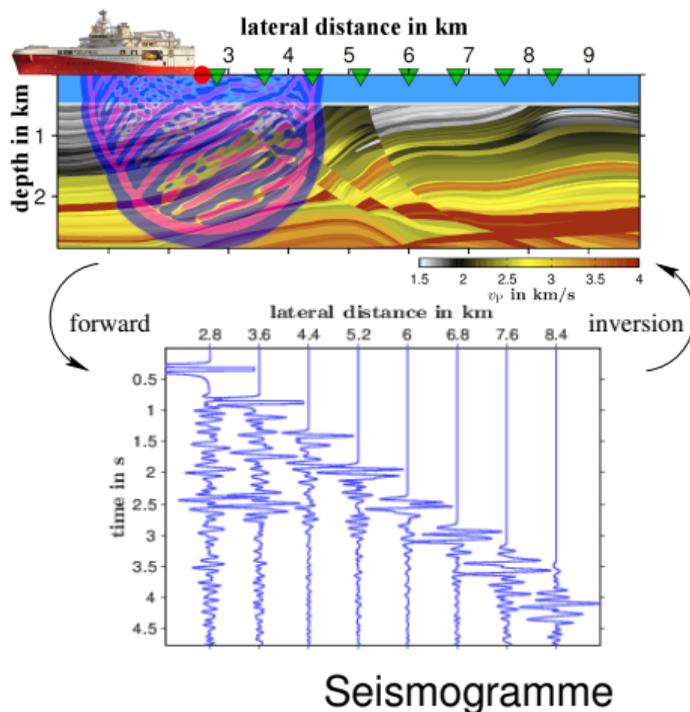
Prinzip der Seismik

Wellenausbreitungseffekte sind u.a.

- Reflexion
- Refraktion
- Streuung

Ziele der Seismik

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

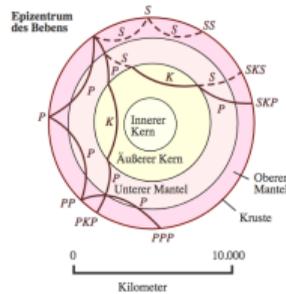


Anwendungsgebiete der Seismik

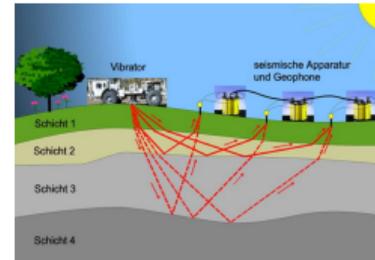
Die Seismik ist in der Regel das aufwendigste geophysikalische Verfahren. Sie hat im Vergleich zu anderen Methoden eine bessere Auflösung und geringere Mehrdeutigkeit.

- 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

3. Zusammenfassung

4. Referenzen

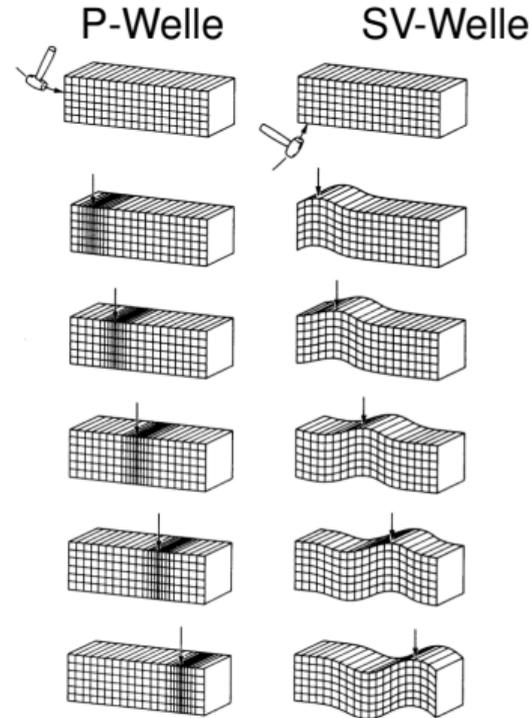
Raumwellen

Kompressionswelle = "P-Welle"

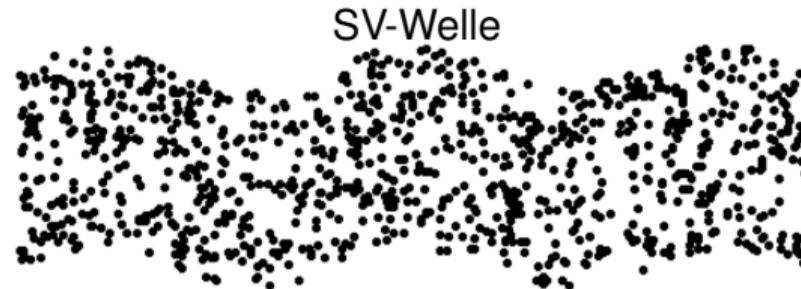
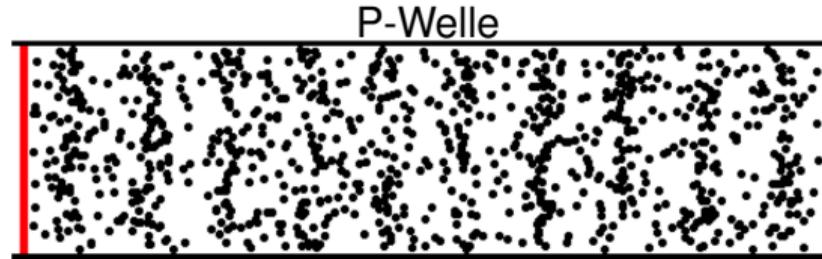
- P=primär
- Longitudinalwelle

Transversalwelle = "S-Welle"

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

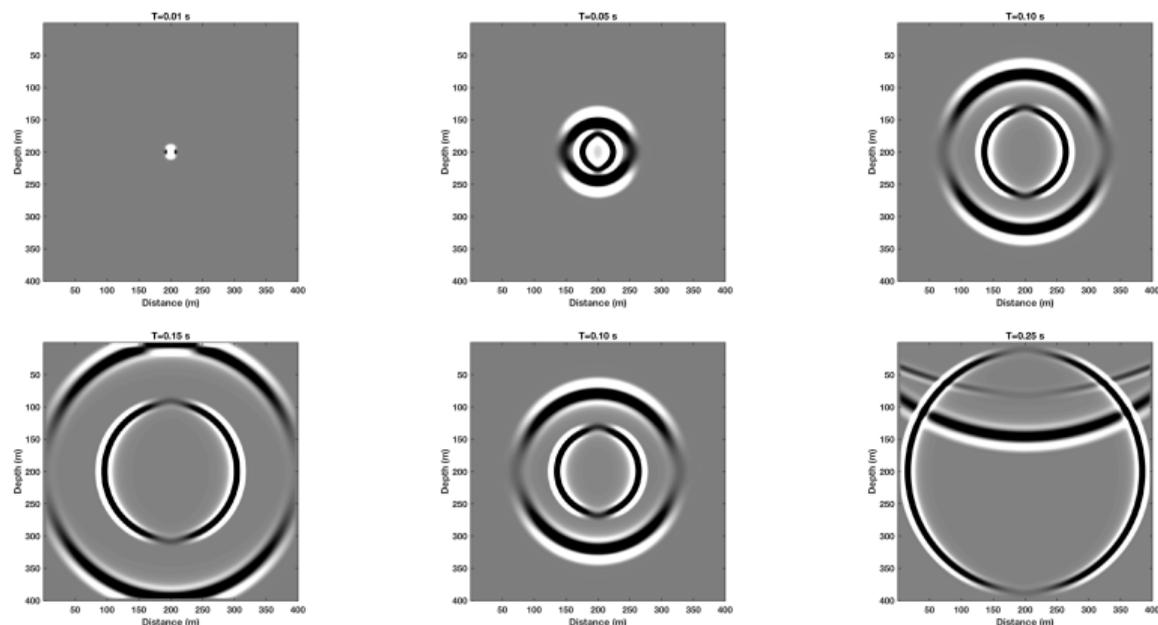


Raumwellen



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

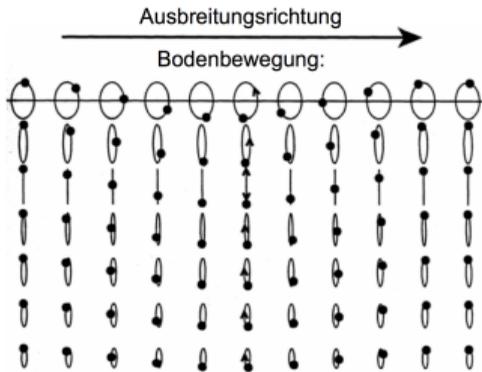
- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- Oberflächenwellen

3. Zusammenfassung

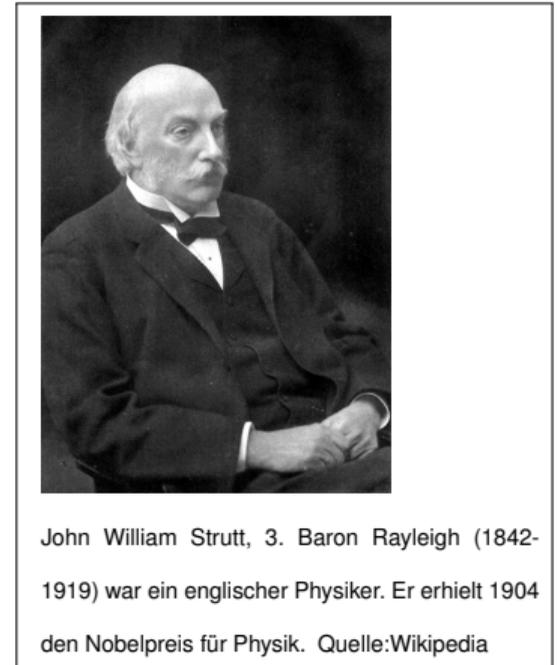
4. Referenzen

Rayleighwellen

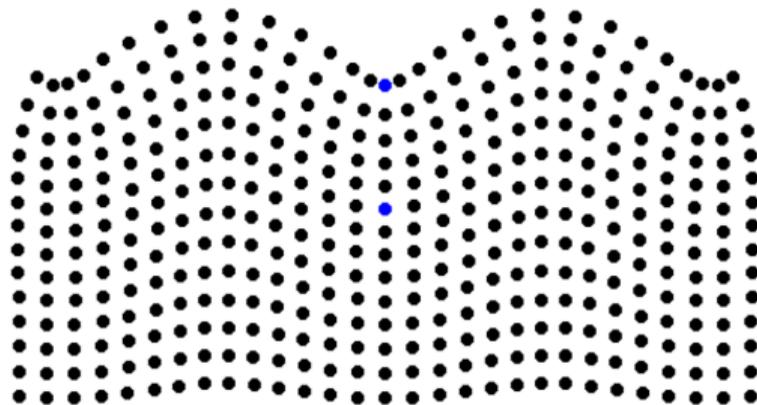
- Entstehen bei Quellen in der Nähe der Erdoberfläche
- Ausbreitung entlang der Oberfläche
- Elliptische Partikelbewegung
- Geschwindigkeit $V_R = n \cdot V_S$, $n = 0.82 - 0.95$
- Dispersion



Quelle: Shearer (2009)



Animation der Partikelbewegung von Rayleighwellen

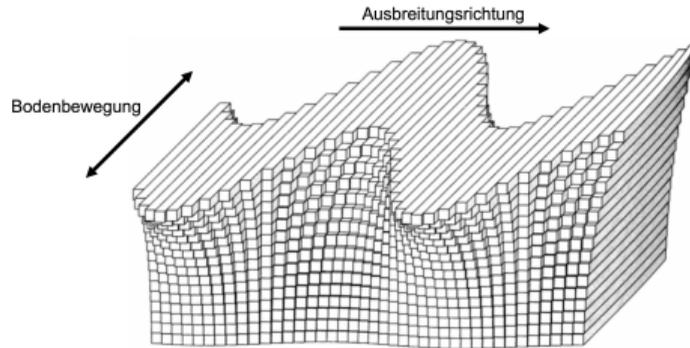


©1999, Daniel A. Russell

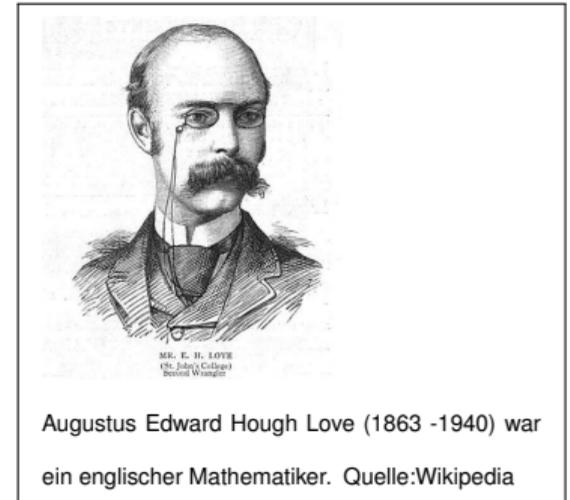
Homogener Halbraum: Elliptisch retrograde Partikelbewegung, Umkehrung der Bewegungsrichtung, Eindringung ca. eine Wellenlänge

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

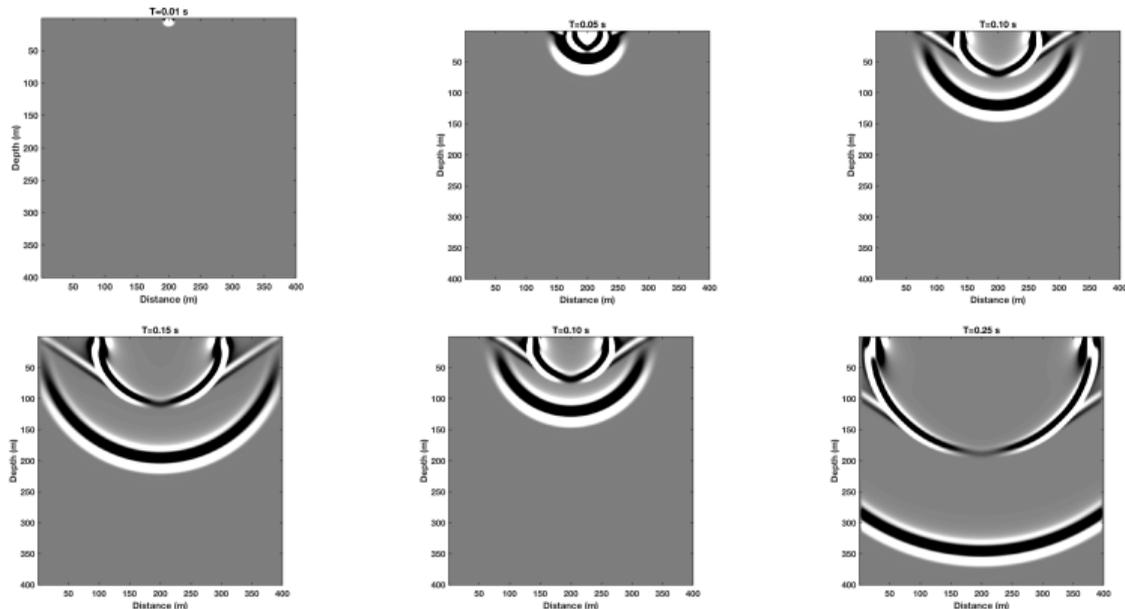


Quelle: Shearer Shearer (2009)



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

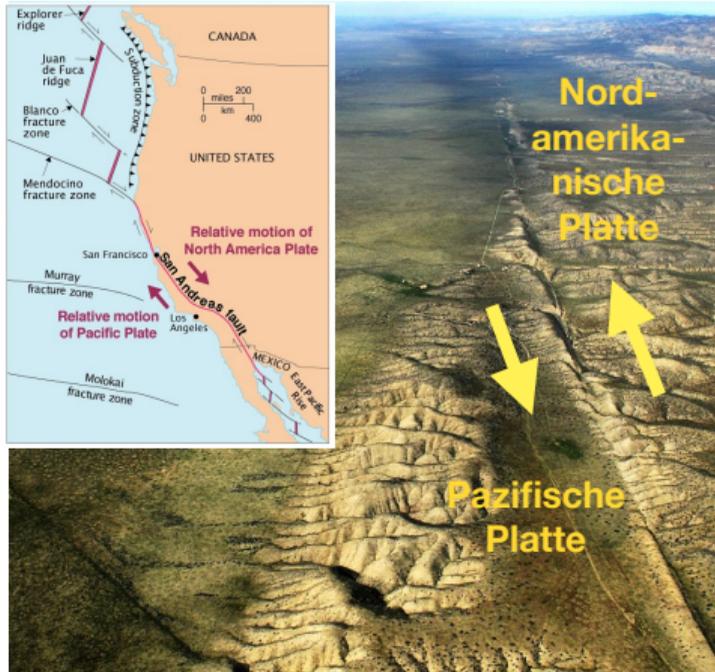
Click on first frame to play ($f_c = 30\text{Hz}$ $V_p = 1500\text{m/s}$, $V_s = 800\text{m/s}$, $\rho = 2000\text{kg/m}^3$, $\lambda_p = 50\text{m}$, $\lambda_s = 23\text{m}$)



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

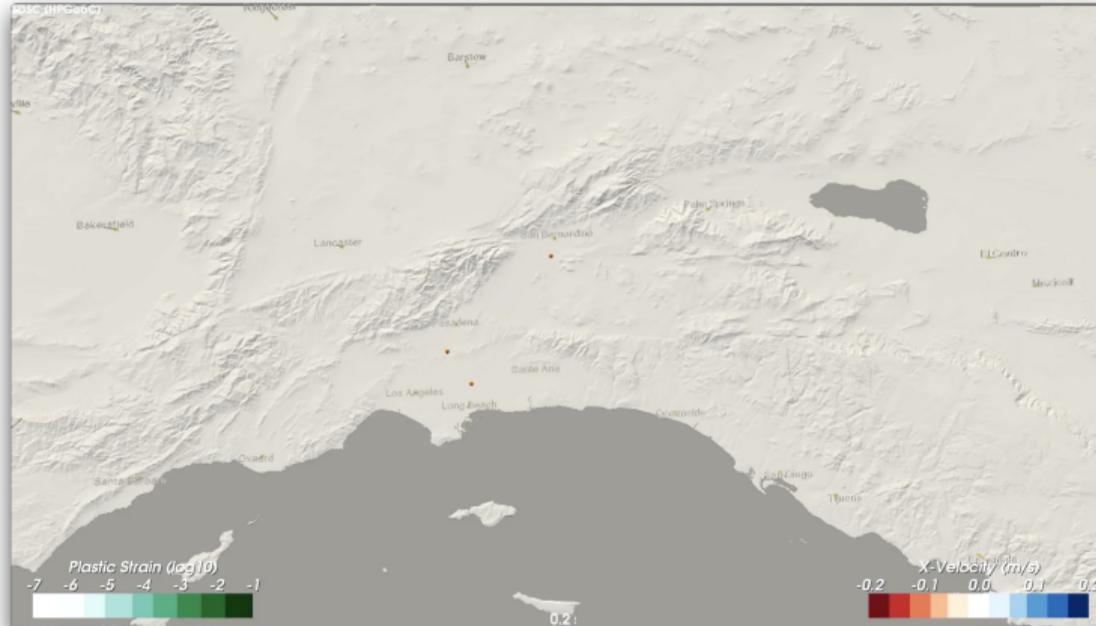


Beispiel Seismologie: San Andreas Verwerfung

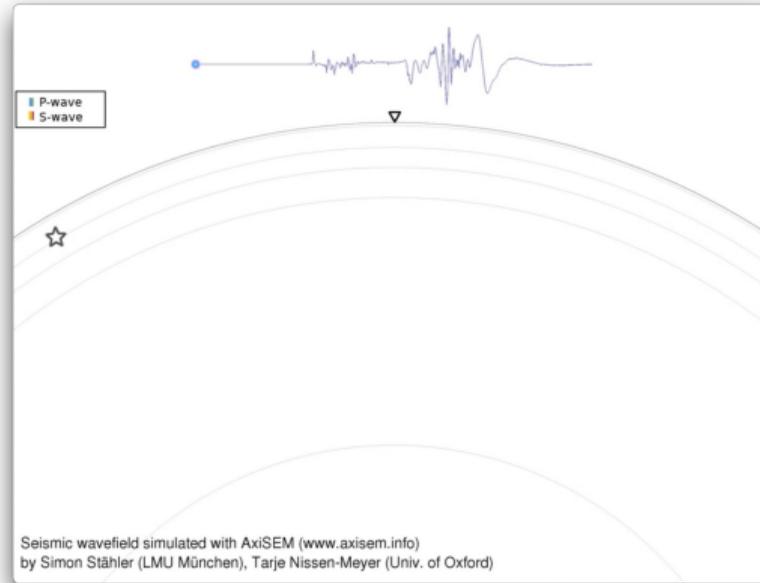


- Blattverschiebung
- 1200 km Länge
- Mittlere Verschiebung
20-35mm/Jahr
- Akkumulierte Spannungen
reichen für Erdbebenmagnitude
M>7

Erdbeben an der San Andreas Verwerfung



Globale Ausbreitung von Erdbebenwellen

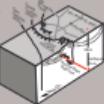


Exploring the Earth Using Seismology

THE NORTHWEST EARTHQUAKE



The Northwest Earthquake (NWE) is a major seismic event that occurred in the Pacific Northwest region of the United States. It was a strike-slip earthquake along the Cascadia Subduction Zone, which is a major fault system that runs through the Pacific Northwest. The earthquake occurred on January 26, 1992, and had a magnitude of 7.0. It caused significant damage and loss of life in the region.



HOW ARE EARTHQUAKES RECORDED?

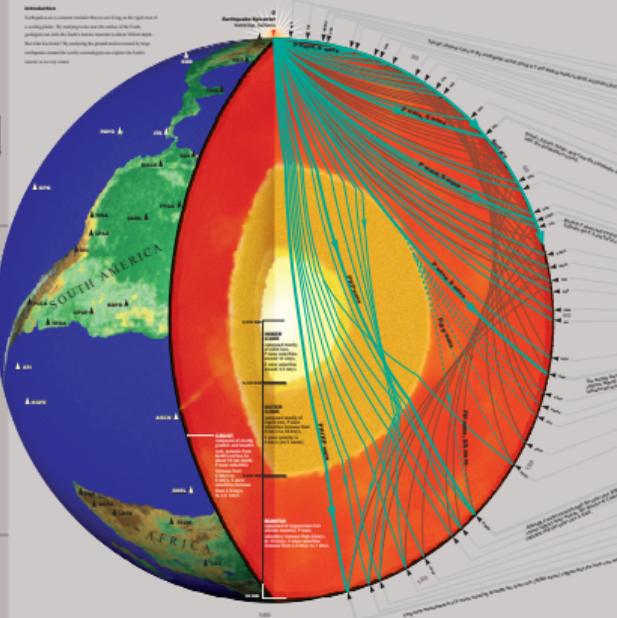


Earthquakes are recorded using seismic stations. These stations consist of sensors that detect ground motion and record it on a continuous strip of paper or on a computer. The sensors are called seismometers. There are three main types of seismometers: P-wave seismometers, S-wave seismometers, and surface wave seismometers. Each type of seismometer is designed to detect a specific type of seismic wave.



SEISMIC WAVES

Seismic waves are vibrations that travel through the Earth's crust and upper mantle. They are caused by the sudden release of energy in the Earth's crust, which creates seismic waves. There are three main types of seismic waves: P-waves, S-waves, and surface waves. P-waves are the fastest and travel through the Earth's interior. S-waves are slower and travel through the Earth's interior. Surface waves are the slowest and travel along the Earth's surface.

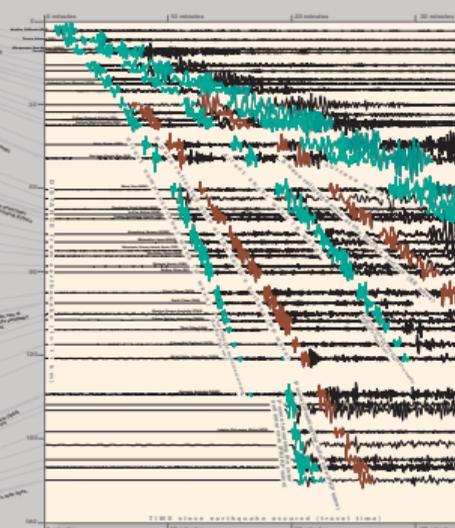


The Earth

The Earth is a planet that is approximately 12,800 kilometers in diameter. It is composed of several layers: the crust, the mantle, and the core. The crust is the outermost layer and is about 5 to 10 kilometers thick. The mantle is the layer below the crust and is about 2,900 kilometers thick. The core is the innermost layer and is about 7,000 kilometers in diameter.

The Seismogram Station

A seismogram station is a location where seismic waves are recorded. It consists of a seismometer and a recording device. The seismometer is a sensor that detects ground motion and records it on a continuous strip of paper or on a computer. The recording device is a device that records the seismic waves on a continuous strip of paper or on a computer.



GLOBAL SEISMOGRAPHIC NETWORK



The Global Seismic Network is a network of seismic stations that are distributed around the world. It is used to record seismic waves and to study the Earth's interior. The network consists of several thousand stations, which are located in all parts of the world.

HOW OFTEN DO EARTHQUAKES OCCUR?

Earthquakes occur frequently around the world. There are about 5 million earthquakes each year, but most of them are too small to be felt. Only about 100,000 earthquakes are large enough to be felt, and only about 10 earthquakes are large enough to cause significant damage and loss of life. The frequency of earthquakes is highest in the Pacific Northwest region of the United States.

WHERE DO EARTHQUAKES HAPPEN?



Earthquakes occur in all parts of the world, but they are most common in the Pacific Northwest region of the United States. This is because of the Cascadia Subduction Zone, which is a major fault system that runs through the Pacific Northwest. The Cascadia Subduction Zone is a convergent plate boundary, which means that the Pacific Plate is moving towards the North American Plate and is being subducted under it.

WATCH EARTHQUAKES AS THEY OCCUR



Earthquakes occur in all parts of the world, but they are most common in the Pacific Northwest region of the United States. This is because of the Cascadia Subduction Zone, which is a major fault system that runs through the Pacific Northwest. The Cascadia Subduction Zone is a convergent plate boundary, which means that the Pacific Plate is moving towards the North American Plate and is being subducted under it.

the IRIS CONSORTIUM
 Center for Global Seismology
 University of California, Santa Barbara
 University of Texas at Austin
 University of Wisconsin-Madison
 University of Washington
 USGS

Zusammenfassung

1. Einführung

- Inhalte und Literatur
- Was ist Geophysik ?

2. Seismische Wellenausbreitung

- Prinzip der Seismik
- Raumwellen
- Oberflächenwellen

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 Lovewellen) 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 Lovewellen) 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.



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.