Erdbeben – Einführungsmodul

Grundlagen und die wichtigsten Konzepte

Version Juni 2025

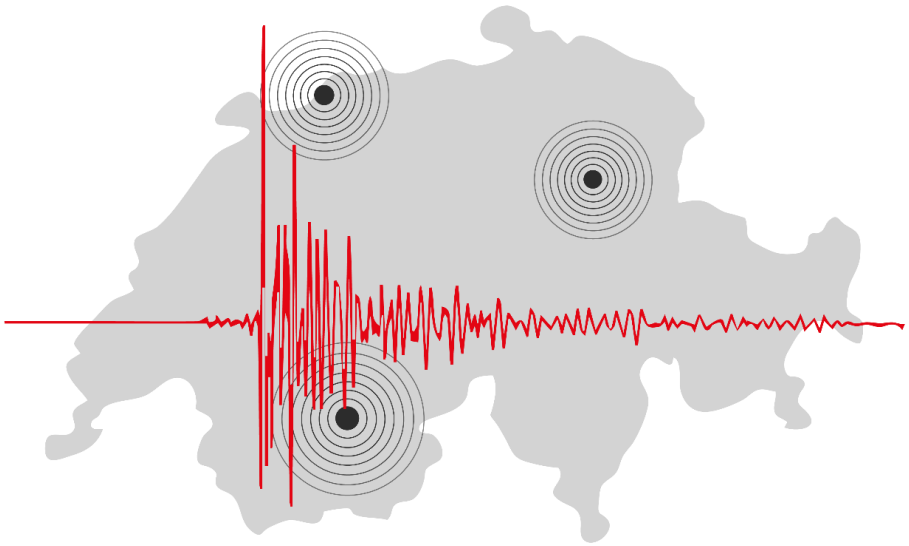
Vom Schweizerischen Erdbebendienst an der ETH Zürich entwickeltes Unterrichtsmaterial in Zusammenarbeit mit der Universität Lausanne und dem Bildungszentrum für Erdbebenprävention (CPPS) in Sion.

Datum der Publikation
Öffentlich

Lösungen
Die Lösungen zu diesem Modul geben wir auf Anfrage gerne heraus. Kontaktieren Sie uns dazu per E-Mail: seismo_at_school@sed.ethz.ch.

Rechtliches
Die vorliegende Unterrichtseinheit darf ohne Einschränkung heruntergeladen und für Unterrichtszwecke kostenlos verwendet werden. Dabei sind auch Änderungen und Anpassungen erlaubt. Der Hinweis auf die Herkunft der Materialien sowie die korrekte Quellenabgabe z. B. bei Grafiken und Bildern darf nicht entfernt werden.

Weitere Informationen
Weitere Informationen zu dieser Unterrichtseinheit und zu weiteren Modulen finden Sie im Internet auf der Webseite des Schweizerischen Erdbebendienstes (SED) an der ETH Zürich auf www.seismo.ethz.ch/news-and-services/for-schools.



Überblick

Dauer	– 2 x 45 min. (Doppellektion)
Vorwissen	– Keines, dies ist eine Einführung ins Thema Erdbeben – Aufbau der Erde von Vorteil (Lithosphäre etc.)
Lernziele (K-Stufen)	1. SuS kennen wichtige Begriffe bezüglich Erdbeben und können diese in eigenen Worten erklären und korrekt verwenden (z. B. Hypozentrum, Epizentrum, Magnitude, Intensität, Plattentektonik). (K1) 2. SuS sind sich der Häufigkeit und Auswirkungen von Erdbeben in der Schweiz und weltweit bewusst. (K1) 3. SuS kennen die unterschiedlichen Arten seismischer Wellen. (K2) 4. SuS wissen, wie Erdbeben entstehen, und kennen die verschiedenen Verwerfungstypen. (K2) 5. SuS verstehen den Unterschied zwischen Magnitude und Intensität und können damit die Auswirkungen eines Bebens an unterschiedlichen Orten nachvollziehbar erklären. (K3) 6. SuS können für unterschiedliche Orte beurteilen, welche sekundären Prozesse durch Erdbeben ausgelöst werden können. (K4) 7. SuS wissen, was die Verhaltensempfehlungen vor, während und nach einem Erdbeben sind. (K1)
Benötigtes Material	– Laptop – Internet – Slinky (Treppenläufer) – Schwamm für Plattenverschiebungsübung
Weiterführende Informationen	– Geografie: Wissen und verstehen – Ein Handbuch für die Sekundarstufe II; Hans-Rudolf Egli, Martin Hasler, Matthias Probst – Schweizerischer Erdbebendienst: www.seismo.ethz.ch – Berichte zu international relevanten Erdbeben (auf Englisch): www.earthscope.org/news/geophysical-events/?geophysical_event_category=earthquake (16.12.2024) – Bei Klick auf ein Erdbeben können Sie unter «Teachable Moments» Folien zu diesem Ereignis für den Unterricht herunterladen. – Verwerfungstypen Schwammexperiment: www.bgs.ac.uk/download/earthquake-classroom-activities-fault-models-using-foam-blocks/ (16.12.2024)

Aufbau und Inhalt des Moduls

Ursachen von Erdbeben 5

Plattentektonik 5
Verwerfungstypen 6
Erdbeben und wo sie auftreten 8
Videos zur Plattentektonik und Entstehung von Erdbeben 8

Seismische Wellen 9

Was sind Hypozentrum und Epizentrum? 10
Eigenschaften der verschiedenen Wellentypen 11
Erdbebenfrühwarnung 14

Magnitude und Intensität 15

Magnitude 16
Intensität 18

Erdbebenrisiko und die Folgen von Erdbeben 21

Erdbebenrisiko 21

Schutz vor Erdbeben 23

Erdbebengerechte Bauweise 23
Erdbebenversicherung 23
Verhaltensempfehlungen 23

Weiteres Unterrichtsmaterial 27

Einstiegsfrage: Wie stark waren die grössten Erdbeben, die bisher in der Schweiz und auf der Welt dokumentiert wurden?

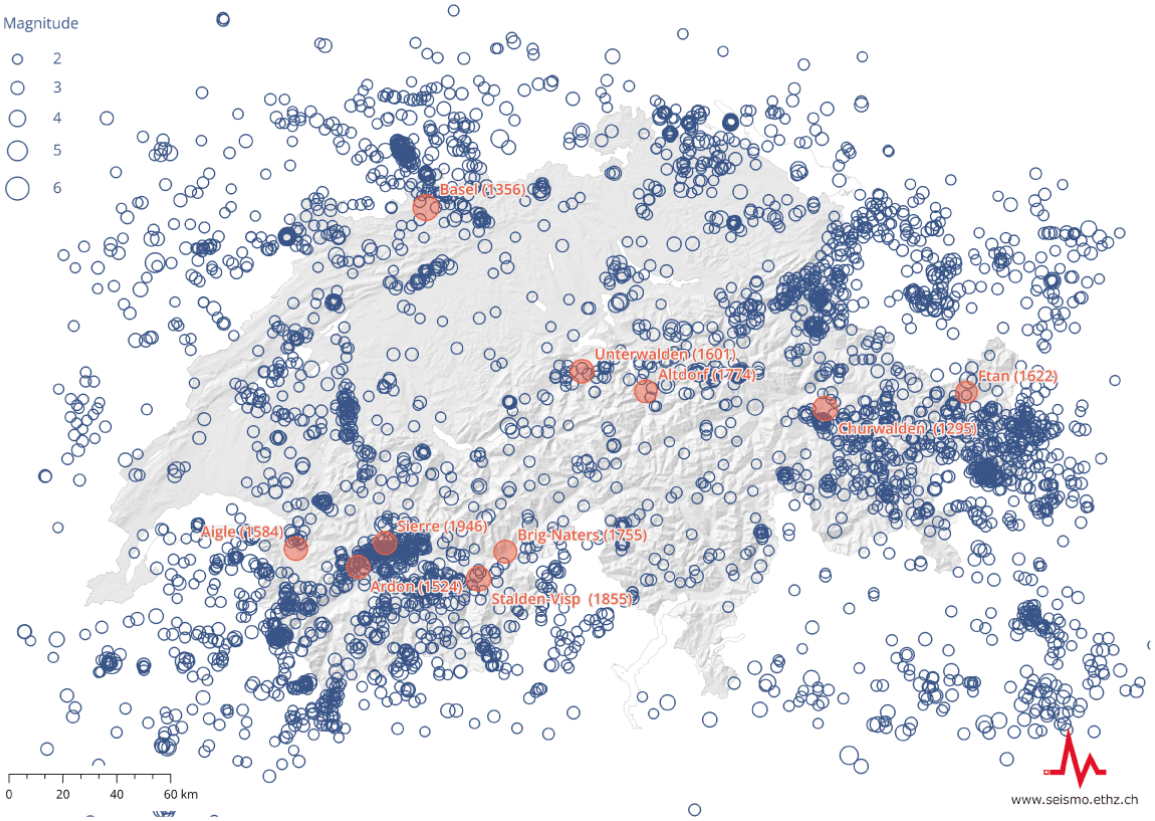


Abbildung 1 Übersicht der Erdbeben ab einer Magnitude von 2 zwischen 1975 und 2024 (blaue Punkte), sowie die bisher zehn stärksten (rote Punkte) dokumentierten Erdbeben der Schweiz.

Mehr Informationen
Berichte zu international relevanten Erdbeben (EN): www.earthscope.org/news/geophysical-events/?geophysical_event_category=earthquake

Ursachen von Erdbeben

Plattentektonik

Die Erdkruste besteht aus sieben grossen und vielen kleineren **Lithosphärenplatten**. Diese «schwimmen» langsam auf dem (zäh-)flüssigen **Erdmantel** und bewegen sich dabei aufeinander zu, voneinander weg oder aneinander vorbei (**Plattentektonik**). An den Plattenrändern verhindern Reibungskräfte ihre kontinuierliche Bewegung. Dadurch bauen sich im Laufe der Zeit **Spannungen** auf. Sind diese Spannungen grösser als die Reibungskräfte, beginnen sich die Platten plötzlich ruckartig zu lösen – ein Erdbeben entsteht. Die dabei freigesetzte Energie breitet sich in Form von **seismischen Wellen** durch die Erde und an der Erdoberfläche aus. Sie verursachen Erschütterungen, die wir wahrnehmen und die Schäden verursachen können.

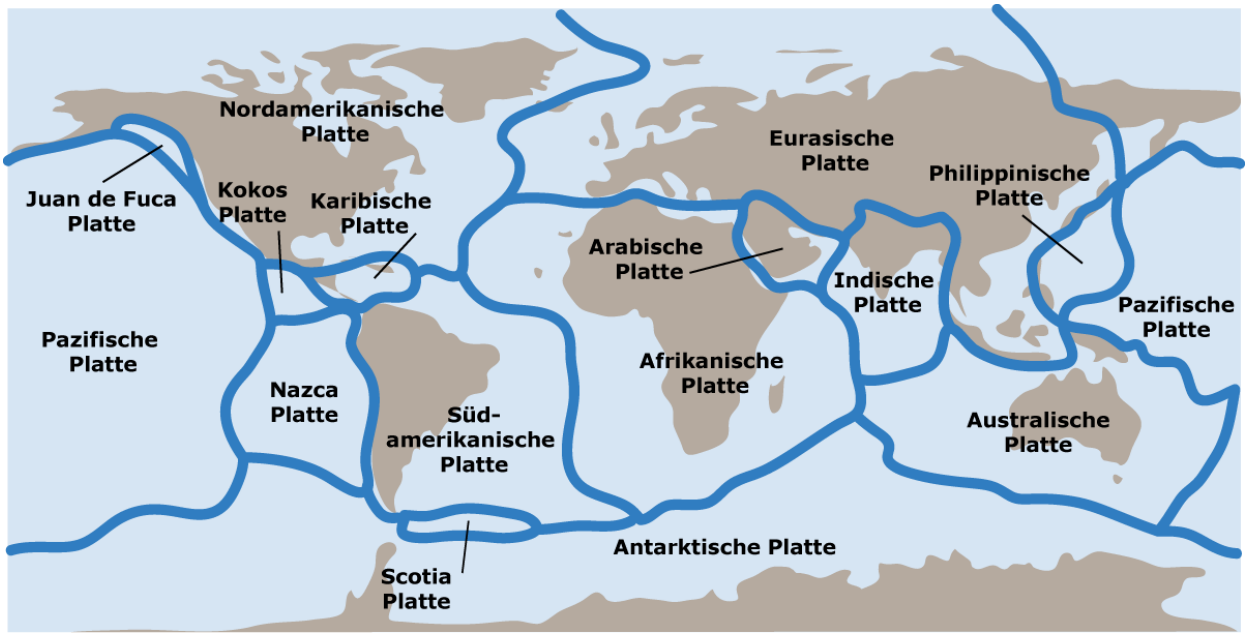
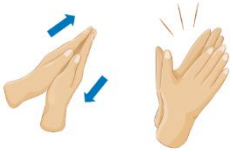


Abbildung 2 Tektonische Platten.

Aufgabe 1: Wie entstehen Erdbeben?

Stell dir Deine Hände als zwei Erdplatten vor, die aufeinandertreffen. Drücke Deine Händeflächen fest gegeneinander und versuch dann, eine Hand entlang der anderen vorbeizuschieben. Mach das so lange, bis sich eine Hand losreisst.

Was hast Du bemerkt? Wie hat sich die Hand gelöst?



Verwerfungstypen

Je nachdem wie sich die Lithosphärenplatten zueinander bewegen, unterscheiden wir drei Hauptverwerfungstypen: Bewegen sich die Platten aufeinander zu, spricht man von einer **konvergenten** Verschiebung. Driften sie voneinander weg, spricht man von einer **divergenten** Verschiebung. Bei einer **transformen** Verschiebung (oder Blattverschiebung) bewegen sich die Platten horizontal aneinander vorbei.

In der Realität treten diese drei Verwerfungstypen selten in Reinform auf. Meist gibt es Mischformen aus Aufschiebung und Blattverschiebung oder aus einer Abschiebung und Blattverschiebung.

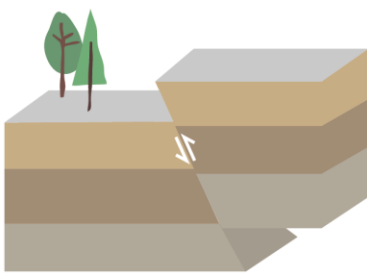
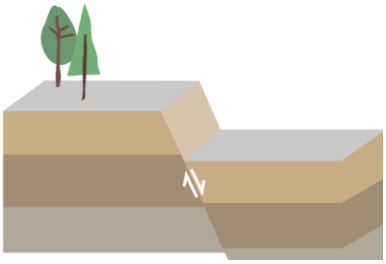
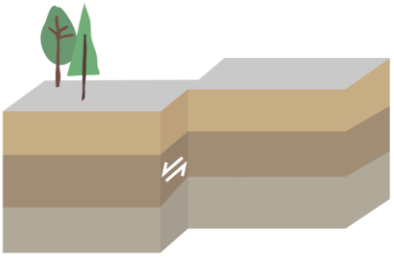
	Auf- / Überschiebung (konvergent)	**Abschiebung (divergent)**	**Blattverschiebung (transform)**
Plattenverschiebung			
Bewegung und Effekte	Aufeinander zu: **Gebirgsbildung**	Voneinander weg: Spalten- und **Grabenbildung**	Aneinander vorbei: **Spaltenbildung**
Beispiele	Gebirgsgürtel, z. B. Alpen (Europa), Himalaya (Asien) Papatea Verwerfung (Neuseeland)	Nordatlantischer Rücken in Island, Grosser afrikanischer Grabenbruch	San Andreas Graben (USA)

Abbildung 3 Papatea Verwerfung in Neuseeland, aktiviert durch das Kaikōura Erdbeben (Magnitude 7.8). Foto: Kate Pedley / University of Canterbury

Abbildung 4 Nordatlantischer Rücken in Island. Foto: Sansculotte /GNU free Documentation License

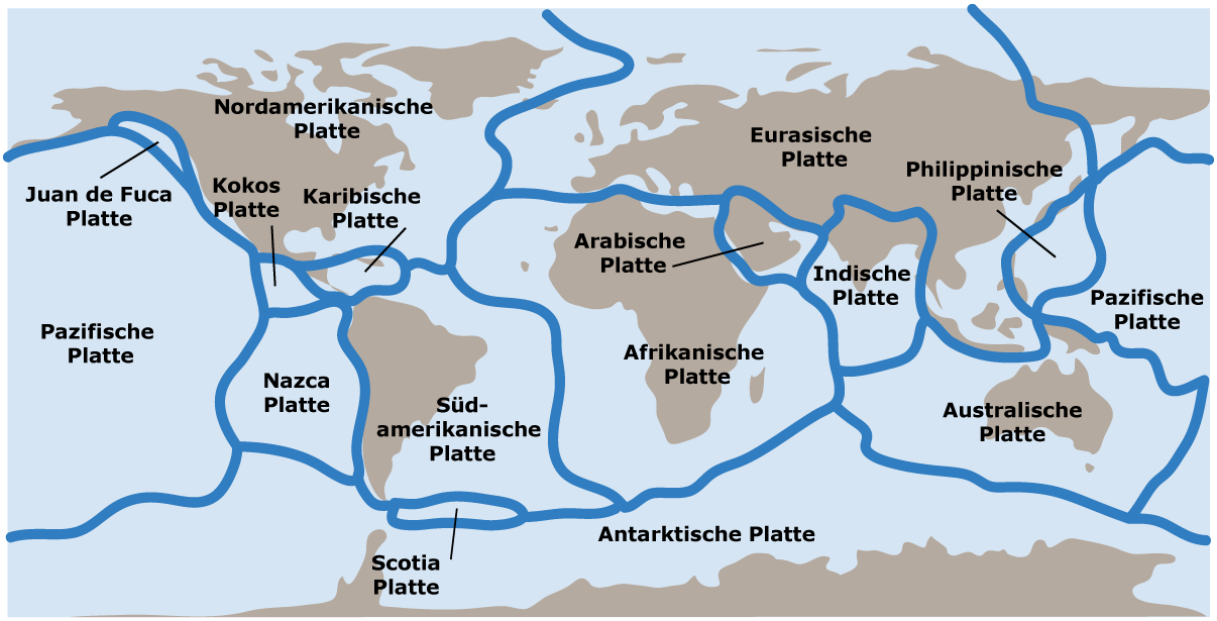
Abbildung 5 Bruch nach dem Erdbeben der Stärke 7.1 im Searles Valley (San Andreas Verwerfung) in Kalifornien. Foto: G.K. Gilbert

Mehr Informationen
Verwerfungstypen Schwammexperiment: www.bgs.ac.uk/download/earthquake-classroom-activities-fault-models-using-foam-blocks/

Aufgabe 2: Erdbeben weltweit

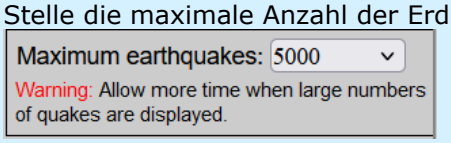
Beantworte folgende Fragen mit dem interaktiven Erdbebenbrowser:

1. Wie viele Erdbeben mit einer Magnitude von über 5 und über 7 haben sich 2023 weltweit ereignet?
2. Markiere auf der Karte unten, wo sich die meisten Erdbeben mit Magnituden über 5 ereignet haben.
3. Wo gab es die tiefsten Erdbeben auf der Welt mit Magnituden über 5?

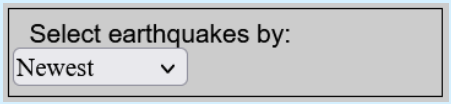


Gehe auf die folgende Webseite: **https://ds.iris.edu/ieb** und arbeite mit dem Menü auf der rechten Seite:

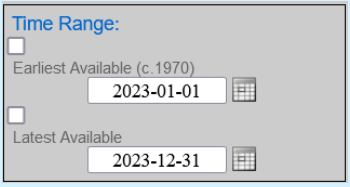
1. Stelle die maximale Anzahl der Erdbeben («Maximum earthquakes») auf 5'000:



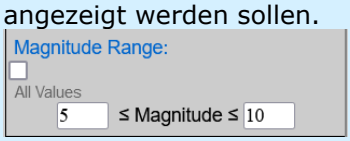
2. Belasse die Einstellung unter «Select earthquakes by:» bei «Newest».



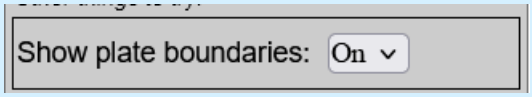
3. Entferne bei «Time Range» zuerst die beiden Häkchen, um den Zeitraum für das Jahr 2023 zu definieren:



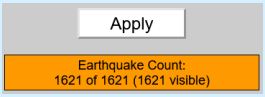
4. Unter «Magnitude Range» kannst Du eingrenzen, welche Erdbeben mit welcher Stärke angezeigt werden sollen.



5. Blende die Plattengrenzen auf der Karte ein, indem du bei «Show plate boundaries» im Drop-Down-Menü «on» auswählst.



6. Klicke anschliessend auf **Apply**. Hinweis: Zoome nicht in die Karte hinein, sonst werden nur die sichtbaren Erdbeben gezählt.



Mit diesem Tool kannst Du noch viel mehr erkunden, indem Du z. B. andere Zeiträume, Magnituden oder Regionen auswählst. Ausserdem kannst Du deine Erdbebenauswahl als Animation abspielen lassen.

Erdbeben und wo sie auftreten

Über 90% aller Erdbeben, insbesondere die grössten, ereignen sich entlang der Plattengrenzen, mehrheitlich rund um den Pazifischen Ozean zwischen Asien und Amerika, auch bekannt als «**Ring of Fire**» (Feuerring).

Erdbeben treten ebenfalls entlang von Gebirgsgürteln wie den Alpen, dem Himalaya oder den Anden auf. Die restlichen Erdbeben ereignen sich an kleineren tektonischen Störungen, oft innerhalb der Platten, die mit den Spannungen durch die Plattentektonik in Verbindung stehen, aber weit von den Plattengrenzen entfernt liegen können. Weitere natürliche Phänomene können ebenfalls Erdbeben erzeugen, wie beispielsweise aufsteigendes Magma (**vulkanische Beben**), isostatische Hebungen[1], oder einstürzende unterirdische Hohlräume (**Einsturzbeben**). Zudem gibt es sogenannte **induzierte Erdbeben**, die durch menschliche Aktivitäten verursacht werden, wie zum Beispiel im Zusammenhang mit Geothermie, das Befüllen von Stauseen oder Erdgasförderung.

Videos zur Plattentektonik und Entstehung von Erdbeben

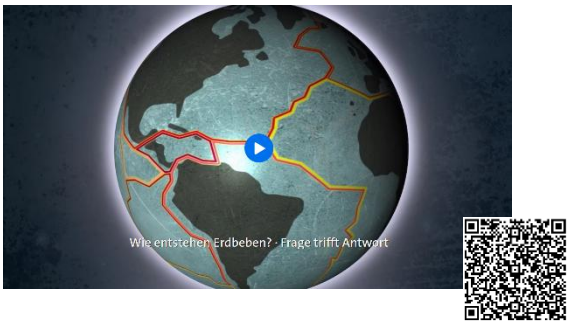


Abbildung 6 «Wie entstehen Erdbeben?» Quelle: ARD Mediathek https://www.ardmediathek.de/video/planet-schule/wie-entstehen-erdbeben-frage-trifft-antwort/swr/Y3JpZDovL3N3ci5kZS9hZXgvbzE5MTc4NDE (09.12.2024)

Abbildung 7 Plattentektonik und Kontinentaldrift, Quelle: Youtube https://www.youtube.com/watch?v=q3tVfYk0lJg (09.12.2024)

[1]Isostatische Hebungen sind geologische Prozesse, bei denen die Erdkruste aufgrund von Änderungen der Belastung durch Gletscher, Sedimente oder andere Massenbewegungen langsam aufsteigt (z. B. wenn grosse Eismassen schmelzen). Diese Hebungen treten auf, wenn die Erdkruste und der darunter liegende Erdmantel das isostatisches Gleichgewicht wiederherstellen möchten. Das ist ähnlich zu bei einem schwimmenden Objekt, das im Wasser aufsteigt, wenn eine Last entfernt wird.

Seismische Wellen

Erdbeben setzen Energie in Form von Erdbebenwellen (**seismische Wellen**) frei. Diese elastischen Wellen breiten sich von dem Erdbebenherd (**Hypozentrum**) im Erdinnern in alle Richtungen aus, bis sie die Erdoberfläche erreichen. Von der Oberfläche werden die seismischen Wellen wieder reflektiert und breiten sich weiter aus.

Aufgabe 3: Was ist am schnellsten? Ordne die Geschwindigkeiten entsprechend zu.

20'000 km/h (ca. 6 km/s)	1'200 km/h (ca. 330 m/s)	3'000 km/h (ca. 830 m/s)	1 Milliarde km/h (ca. 300 000 km/s)
Erdbebenwellen	Düsenjet	Schallwelle in der Luft	Elektromagnetische Wellen

Was sind Hypozentrum und Epizentrum?

Seismische Wellen breiten sich vom Erdbebenherd (**Hypozentrum**) in alle Richtungen aus. Wenn sie die Erdoberfläche erreichen, können Seismometer die Erschütterungen registrieren. Je nach Stärke und Entfernung des Bebens und abhängig vom Beobachtungsort (Standorteffekte), werden die Erschütterungen auch von Menschen als schwächere oder stärkere Erschütterungen wahrgenommen. Das Hypozentrum wird durch die Tiefe des Erdbebens und seine geographischen Koordinaten (Länge und Breite) beschrieben.

Das **Epizentrum** eines Erdbebens liegt senkrecht über dem Hypozentrum an der Erdoberfläche. Es wird über seine geographische Länge und Breite beschrieben. In der Regel sind die Erschütterungen in einem Beben im Epizentrum am stärksten und nehmen mit zunehmender Entfernung ab. Bei einem mittelstarken Erdbeben sind Schäden oftmals auf das Epizentrum beschränkt. Bei stärkeren Erdbeben ist das betroffene Gebiet deutlich grösser und kann sich über hunderte von Kilometern entlang der gebrochenen Verwerfung erstrecken.

Aufgabe 4: Füge die richtigen Begriffe in die leeren Felder ein!

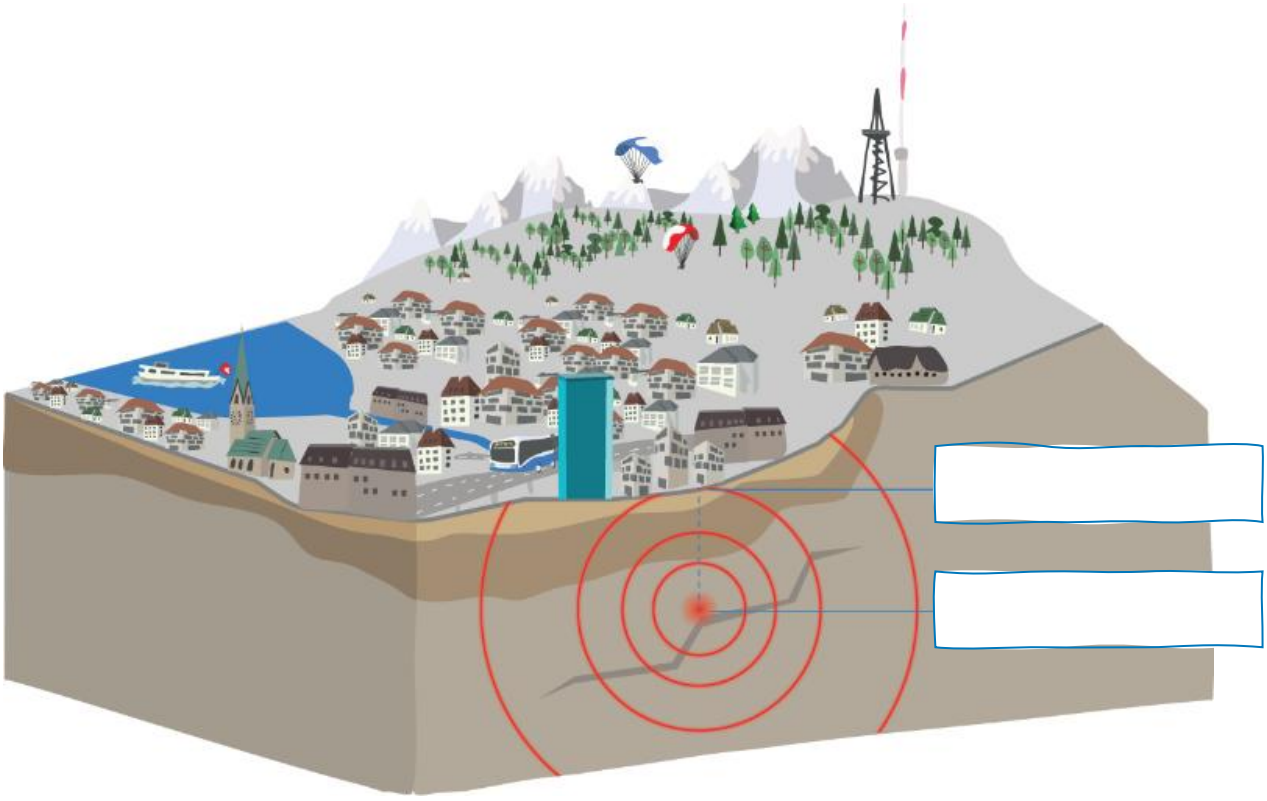


Abbildung 8 Unterschied zwischen Hypozentrum (Erdbebenherd) im Untergrund und Epizentrum an der Erdoberfläche.

Eigenschaften der verschiedenen Wellentypen

Seismologen und Seismologinnen unterscheiden zwischen **Raumwellen** (P- und S-Wellen) und **Oberflächenwellen** (Love- and Rayleigh-Wellen). Raumwellen breiten sich durch das Erdinnere aus, Oberflächenwellen entlang der Erdoberfläche. Die Wellen haben unterschiedliche Eigenschaften (Art der Ausbreitung, Geschwindigkeit). Da sich die Wellen unterschiedlich schnell ausbreiten, werden sie an den Messstationen zu verschiedenen Zeiten registriert und im **Seismogramm** aufgezeichnet.

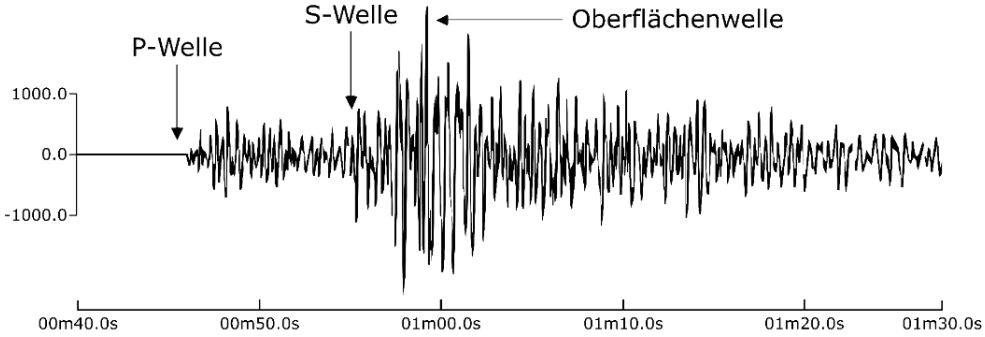
	Raumwellen		**Oberflächenwellen**	
	P-Wellen (Kompressionswelle)	S-Wellen (Scherwelle)	Love-Wellen	Rayleigh-Wellen
Ausbreitungs-geschwindigkeit	5-8 km/s *in der Erdkruste und dem oberen Erdmantel*	3-5 km/s *in der Erdkruste und dem oberen Erdmantel*	2-4.5 km/s	2-4.0 km/s
Ausbreitung	durch das Erdinnere		entlang der Erdoberfläche	
Seismogramm				

Abbildung 9 Seismogramm eines Erdbebens mit den unterschiedlichen Wellentypen.

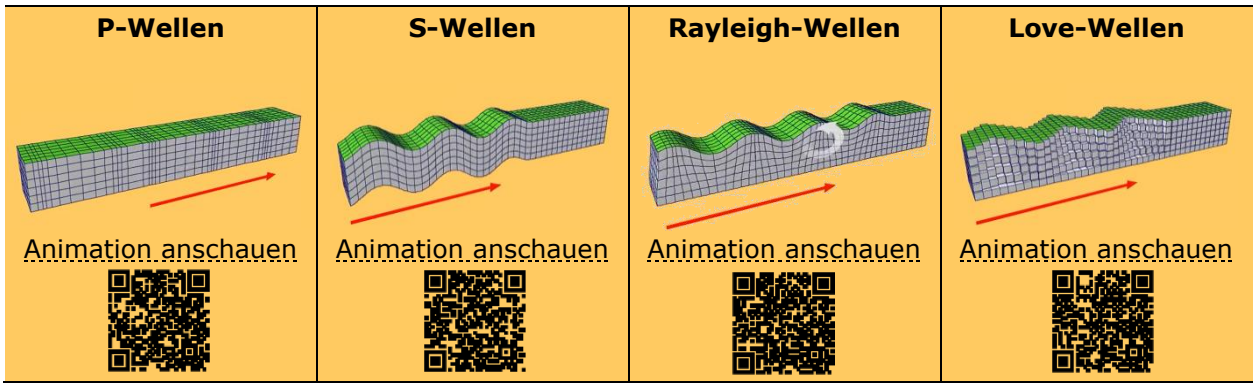


Abbildung 10 Veranschaulichung der Fortbewegung der Raum- und Oberflächenwellen. Einzelne Verlinkungen unten aufgeführt[2] (Quelle: britannica.com, 07.08.2024)

Zu den Raumwellen zählen die Primärwellen (P-Wellen) und Sekundärwellen (S-Wellen), die sich kugelförmig vom Hypozentrum ausbreiten. **P-Wellen** breiten sich aus, indem sie den Untergrund zusammendrücken (komprimieren) und dehnen. Das ist vergleichbar mit der Bewegung eines Regenwurms.

S-Wellen versetzen das Gestein senkrecht zu ihrer Ausbreitungsrichtung in Schwingung. Diese Schwingungen können sich in horizontaler (hin und her) oder in vertikaler Richtung (auf und ab) bewegen, wie eine Schlange.

[2] P-Wellen: www.britannica.com/video/20707/P-wave, S-Wellen: www.britannica.com/video/20706/S-wave, Rayleigh-Wellen: www.britannica.com/video/20704/Rayleigh-wave, Love-Welle: www.britannica.com/video/20705/Love-wave (16.12.2024)

Oberflächenwellen entstehen, wenn P- und S-Wellen die Erdoberfläche erreichen. **Rayleigh-Wellen**[3] werden durch P-Wellen, **Love-Wellen**[4] durch S-Wellen angeregt. Bei den Love-Wellen schwingt das Gestein parallel zur Erdoberfläche (horizontal hin und her). Bei Rayleigh-Wellen erfolgt die Bewegung in (vertikal) elliptisch rotierender Richtung. Rayleigh-Wellen haben aufgrund ihrer vertikalen Bewegungsrichtung meist deutlich grössere **Amplituden** als andere Erdbebenwellen, und verursachen daher oftmals die stärksten Erschütterungen und Schäden.

Die nachfolgende Animation zeigt, wie sich die Raum- und Oberflächenwellen von einem Erdbeben ausbreiten und sie in Form eines Seismogramms aufgezeichnet werden (auf Englisch).

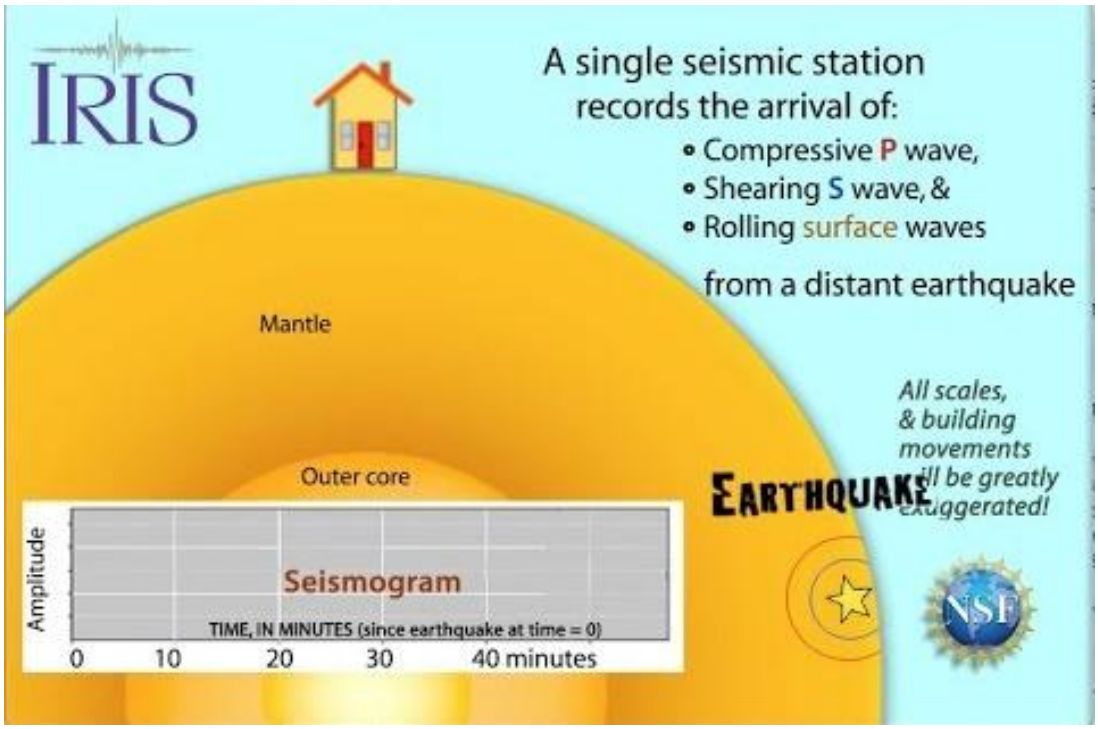
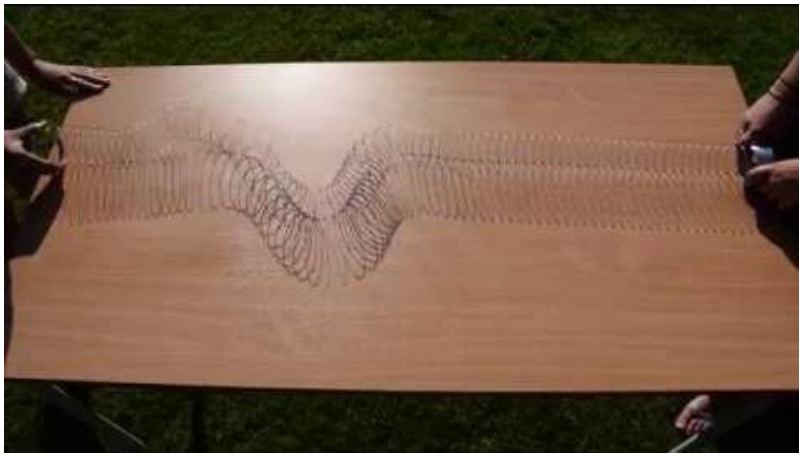


Abbildung 11 Animation zur Ausbreitung von Raum- und Oberflächenwellen. (Quelle: IRIS Earthquake Science www.youtu.be/TLdXyFyQwbg, 29.05.2024)

[3] benannt nach dem englischen Mathematiker John William Strutt Lord Rayleigh (1842-1919)
[4] benannt nach dem englischen Mathematiker Augustus Edward Hough Love (1863-1940)

Aufgabe 5: Slinky (Treppenläufer)

Demonstration in der Klasse: Zwei Schülerinnen und Schüler halten jeweils ein Ende des Slinky und stellen sich in einem gewissen Abstand auf, so dass der Slinky gespannt ist. Anschliessend können zuerst die P-Wellen und dann die S-Wellen nachgeahmt werden.



Link zum Video: https://www.youtube.com/watch?v=BxtiKodKq_E; 03.06.2024.

Aufgabe 6: Menschliche Wellen

Demonstration in der Klasse: 5 Freiwillige bilden eine Kette und demonstrieren die Ausbreitung der P- und S-Wellen.

P-Wellen

S-Wellen

Video mit Erklärungen: www.youtube.com/watch?v=gjRGIpP-Qfw

Erdbebenfrühwarnung

Die Erdbebenfrühwarnung hat das Ziel, Menschen oder Maschinen vor Erschütterungen zu warnen, noch bevor diese an einem bestimmten Ort spürbar sind. Im Gegensatz zu Wetterwarnungen handelt es sich dabei aber nicht um eine Vorhersage, da das Beben bereits stattgefunden hat. Aufgrund der unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten von P- und S-Wellen sowie der schnellen Datenübertragung mit Lichtgeschwindigkeit können gefährdete Gebiete ab einer gewissen Entfernung zum Beben gewarnt werden, bevor die Erschütterungen eintreten. Die Vorwarnzeit beträgt dabei in der Regel nur wenige Sekunden.

Abbildung 12 zeigt die schematische Darstellung der Erdbebenfrühwarnung. Klicke auf die Abbildung, um das Erklärvideo anzuschauen.

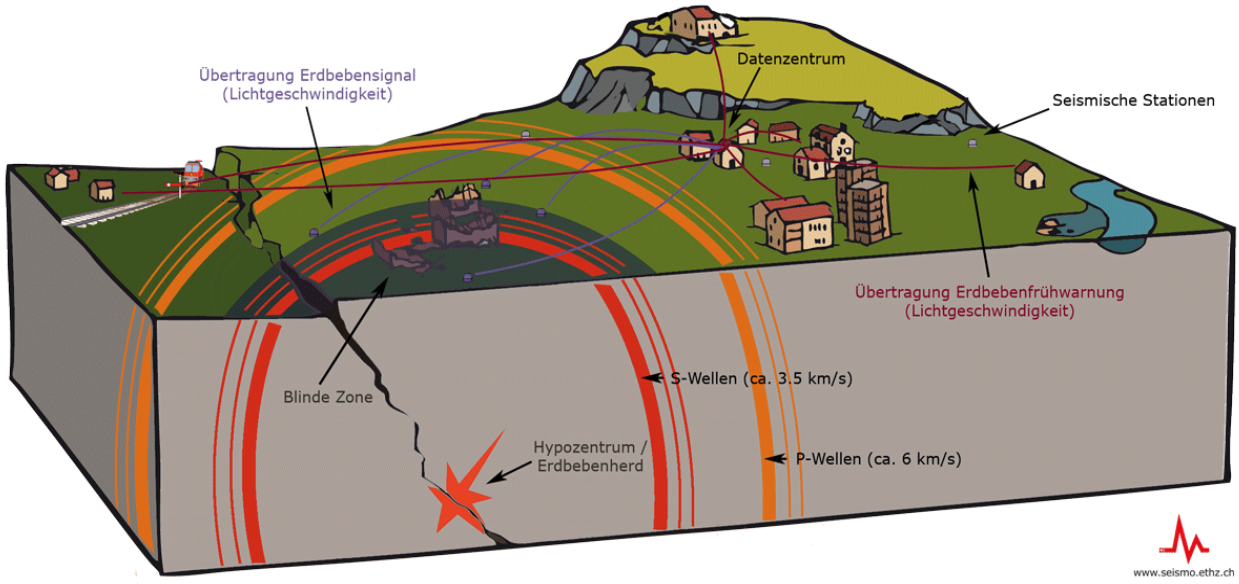


Abbildung 12 Wie Erdbebenfrühwarnung funktioniert.
Erklärvideo auf: http://seismo.ethz.ch/static/sedvideos/alert/alert_DE.html, 12.06.2025).

Magnitude und Intensität

Die Stärke eines Erdbebens wird typischerweise auf zwei Skalen angegeben:

- Die Magnitude misst die durch das Erdbeben freigesetzte Energie (ortsunabhängig, nur ein Wert pro Erdbeben).
- Die Intensität beschreibt das Ausmass der Zerstörung (Bauwerk, Landschaft) und die subjektive Wahrnehmung des Beobachters bei einem Erdbeben (ortsabhängig und hat für ein einzelnes Erdbeben typischerweise höhere Werte nahe am Epizentrum und niedrigere Werte in zunehmender Entfernung).

	Magnitude	**Intensität**
Was wird gemessen?	Freigesetzte Energie (Erdbebenstärke)	Lokale Auswirkungen der Erschütterungen an der Erdoberfläche
Wie viele Werte pro Beben gibt es?	Ein Wert pro Beben (unabhängig von der Entfernung)	Viele Werte pro Beben (nimmt mit zunehmender Entfernung ab)
Vom Ort abhängig?	Ortsunabhängig	Ortsabhängig
Skala	Keine Beschränkung; Erdbeben grundsätzlich spürbar ab einer Magnitude von 2.5; Bisher grösstes gemessenes Erdbeben mit einer Magnitude von 9.5 in Chile	I-XII, EMS-98 (Europäische Makroseismische Skala von 1998)

Aufgabe 7: Vergleich Magnitude und Intensität

Bildet Zweiergruppen und betrachtet das untenstehende Bild. Stellt Euch vor, die **Lampe** stellt das **Hypozentrum** eines Erdbebens dar.

Versucht nun anhand der obenstehenden Definitionen von **Magnitude** und **Intensität** zu erklären, wie sich diese beiden Begriffe auf das Bild übertragen lassen.

Abbildung 13 Konzept von Magnitude und Intensität anhand einer Glühbirne erklärt. (Quelle: www.iris.edu/hq/inclass/activities/magnitude_and_intensity; 15.05.2024)

Magnitude

Anfang des 20. Jahrhunderts lieferten Seismometer immer genauere Aufzeichnungen der Bodenbewegungen und ermöglichten es schliesslich, die Stärke eines Erdbebens zu berechnen. Der amerikanische Seismologe Charles Francis Richter (1900-1985) führte 1935 die (Richter) Magnitude als ein objektives Mass für die am Erdbebenherd (Hypozentrum) freigesetzte Energie ein. Die Magnitude wird berechnet aus:

- der Grösse der maximalen Bodenbewegung (maximale Amplitude),
- der Entfernung der seismischen Stationen vom Erdbebenherd.

Beide Parameter können aus einem Seismogramm bestimmt werden.

Die Magnituden-Skala ist theoretisch nach oben und unten **unbegrenzt**. Aus wissenschaftlicher Sicht sind Erdbeben mit einer Magnitude von über 10 jedoch kaum vorstellbar, da dies einer Bruchlänge von ca. 14’000 km entsprechen würde, also ungefähr einem Drittel des Erdumfangs. Das stärkste bisher gemessene Beben ereignete sich im Jahr 1960 in Chile. Es hatte eine Magnitude von 9.5 und eine Bruchlänge von rund 1’000 Kilometern.

Die Magnitude ist ein **logarithmischer Wert**. Ein Anstieg um eine Magnitude entspricht einer 32-fach grösseren freigesetzten Energie. Ein Beben der Magnitude 6 setzt also 32-mal mehr Energie frei als ein Beben der Magnitude 5 und rund 1’000-mal (ca. 32x32) mehr Energie als ein Beben der Magnitude 4 (siehe Abbildung 14).

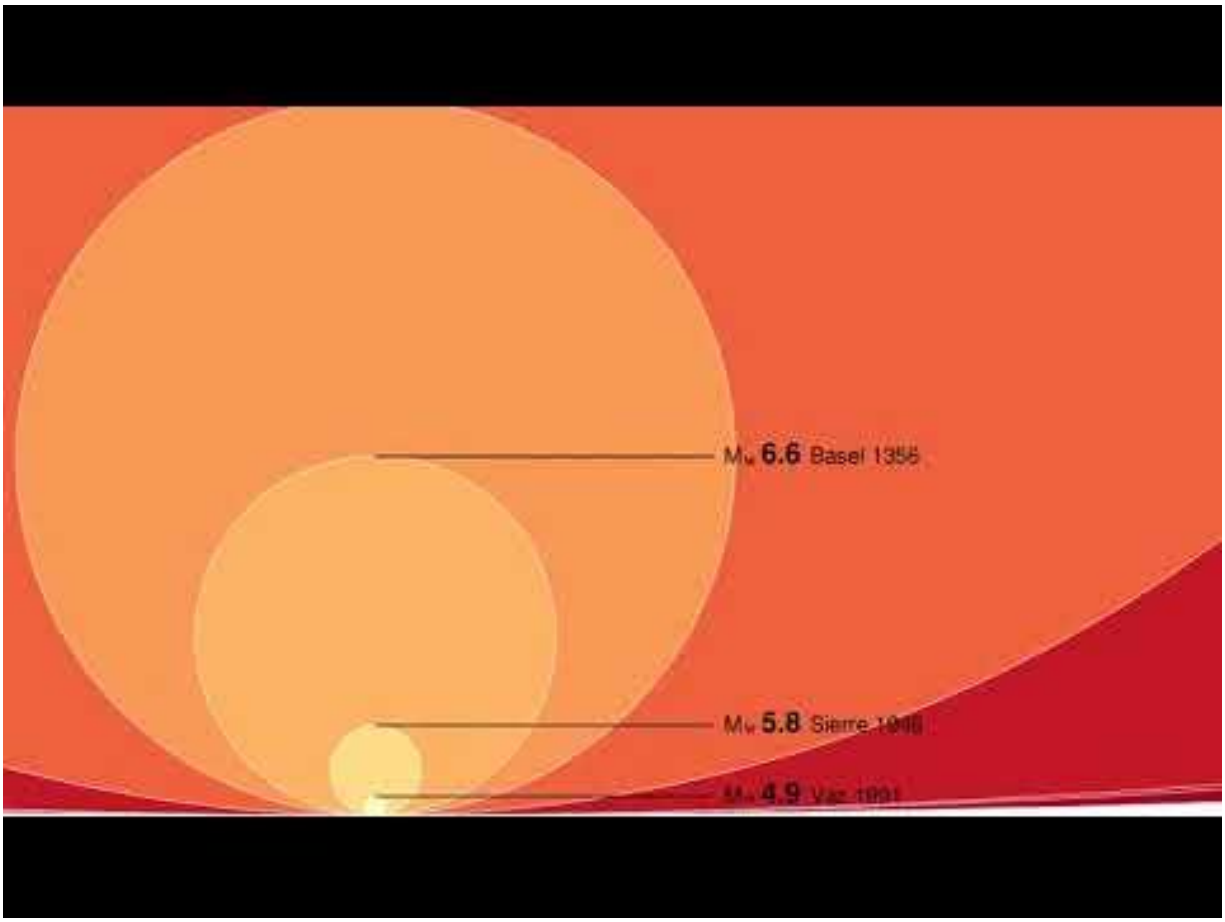


Abbildung 14 Animation zeigt die Zunahme der Energiefreisetzung von Erdbeben ansteigender Magnituden. Die Fläche jedes Kreises ist proportional zur freigesetzten Energie des jeweiligen Erdbebens.

Um die logarithmische Skala noch besser zu verstehen, stelle Dir vor, dass ein Erdbeben der Magnitude 5 der Energie entspricht, die benötigt wird, um ein Spaghetti durchzubrechen. Bei einem Beben der Magnitude 6 wären es bereits 32 Stück, bei einem Beben der Magnitude 7 ca. 1’000 Stück und bei einem Beben der Magnitude 8 fast 33'000 Spaghetti. Bereits bei 1’000 Stück ist es nahezu unmöglich, die Spaghetti überhaupt noch zu brechen.

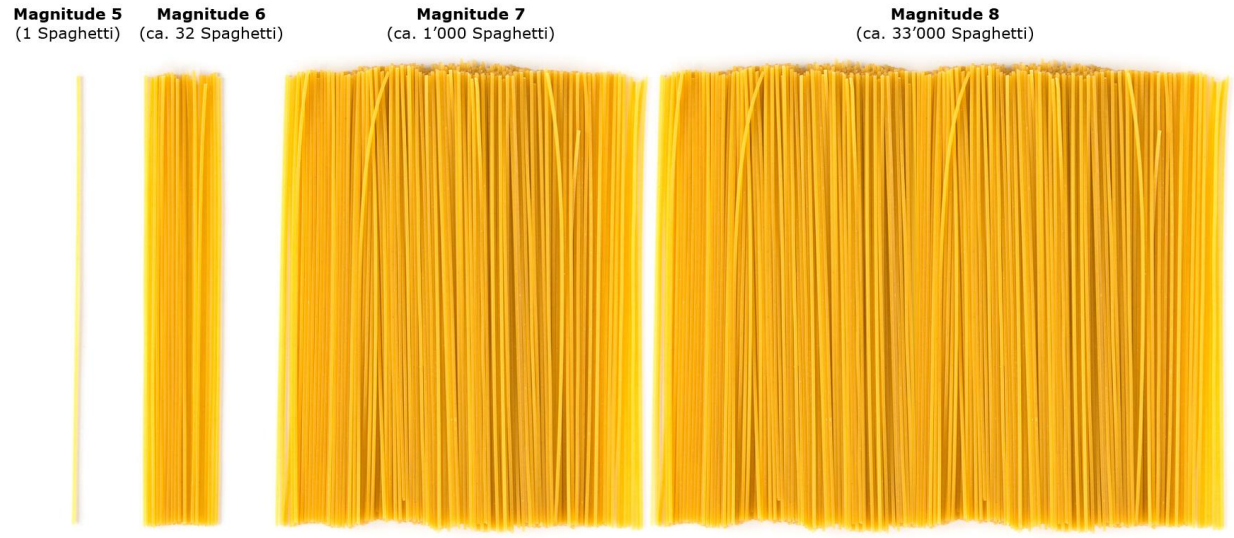


Abbildung 15 Veranschaulichung der logarithmischen Zunahme der Energie pro Magnituden-Einheit. (Animation hier verfügbar: www.youtube.com/watch?v=g2HhVZqBFnY; 29.05.2024).

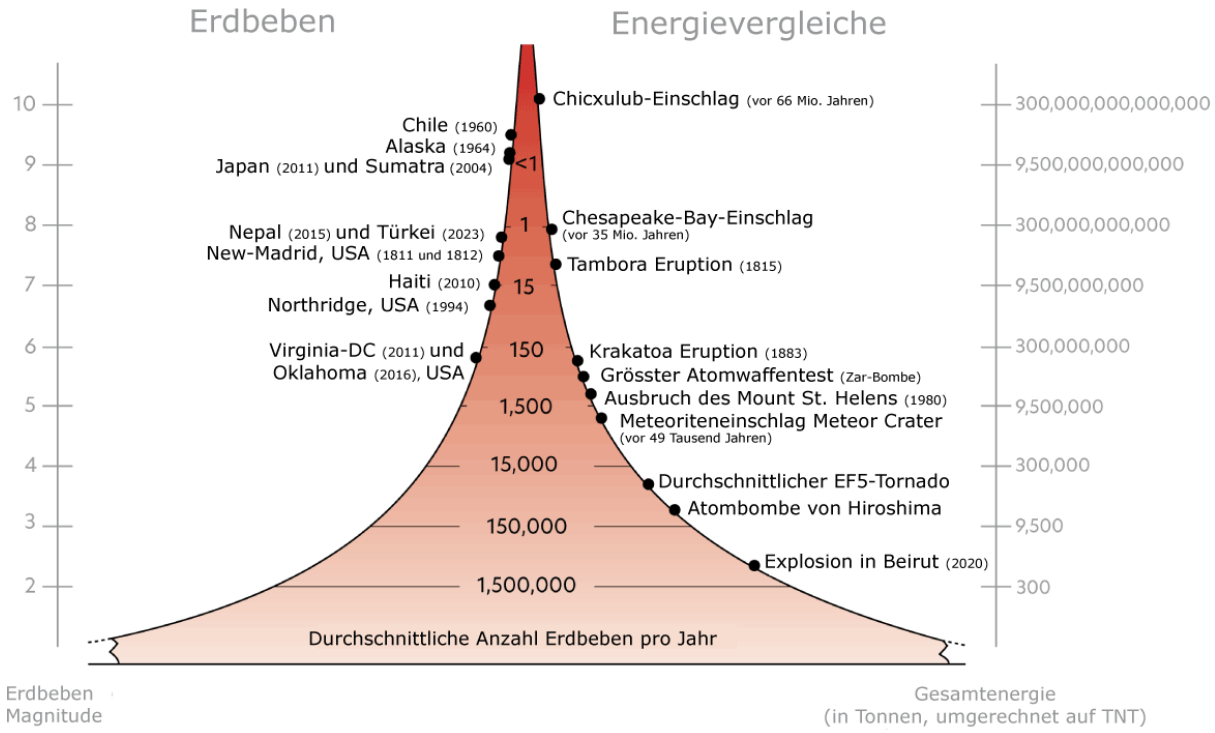


Abbildung 16 Wie viel Energie wird bei verschiedenen Ereignissen freigesetzt? Die Grafik vergleicht die freigesetzte Energie ausgewählter Erdbeben unterschiedlicher Magnituden mit anderen Naturereignissen, Asteroideneinschlägen und historischen Explosionen. (Originalgrafik von ©EarthScope ins Deutsche übersetzt: www.iris.edu/hq/inclass/fact-sheet/how_often_do_earthquakes_occur)

Intensität

Erschütterungen sind die **direkten Auswirkungen** von Erdbeben. Die Intensität beschreibt das Mass dieser lokalen Auswirkungen. Sie basiert auf dem Ausmass der Zerstörung (Bauwerke, Landschaft) und der subjektiven Wahrnehmung der Erschütterungen durch beobachtende Personen.

Bereits vor über 200 Jahren begann man die Stärke der Erschütterungen in Erdbeben mit einer Schadensskala zu beschreiben. 1902 führte der italienische Seismologe und Vulkanologe Giuseppe Mercalli (1850-1914) die 12-stufige Mercalli-Skala ein. Diese Skala wurde verschiedentlich angepasst. In Europa ist die **Intensitätsskala EMS-98** (Europäische Makroseismische Skala 1998) offiziell seit 1998 gültig (Abbildung 17).

EMS-98 Intensität	Gefühlt	Auswirkungen	Magnitude (Näherungswerte)	Gebäudeschäden (Mauerwerk)
I	Nicht fühlbar	Nicht fühlbar		
II-III	Schwach	Von wenigen Personen in Gebäuden wahrgenommen. Ruhende Personen fühlen ein leichtes Schwingen oder Schütteln.	2 – 3	
IV	Leicht	Im Freien vereinzelt, in Gebäuden von den meisten Personen wahrgenommen. Einige Schlafende erwachen. Geschirr und Fenster klirren, Türen klappern.		
V	Moderat	Im Freien von wenigen, in Gebäuden von vielen Personen wahrgenommen. Viele Schlafende erwachen, wenige agieren verängstigt. Gebäude werden insgesamt erschüttert. Hängende Gegenstände pendeln stark, kleine Gegenstände werden verschoben. Türen und Fenster schlagen auf und zu.	4	
VI	Stark	Viele Personen erschrecken und flüchten ins Freie. Einige Gegenstände fallen um. An vielen Häusern, vornehmlich in schlechterem Zustand, entstehen leichte Schäden wie feine Risse im Mauerwerk oder Verputz.		
VII	Sehr stark	Die meisten Personen erschrecken und flüchten ins Freie. Möbel werden verschoben. Gegenstände fallen aus Regalen. An solide gebauten Häusern treten häufig mässige Schäden auf (kleine Mauerrisse, Schäden am Verputz, Herabfallen von Ziegeln). Vor allem Gebäude in schlechterem Zustand erleiden grössere Mauerrisse und Zwischenwände stürzen ein.	5	
VIII	Heftig	Viele Personen verlieren das Gleichgewicht. An den meisten Gebäuden mit einfacher Bausubstanz treten schwere Schäden auf, beispielsweise stürzen Gibelteile und Dachsimse ein.		
IX	Sehr heftig	Allgemeine Panik Sogar gut gebaute Bauten zeigen sehr schwere Schäden und tragende Bauteile stürzen teils ein. Viel schwächere Bauten stürzen ein.	6	
X+	Extrem	Die meisten Bauwerke, selbst sehr solide gebaute, erleiden schwere Beschädigungen oder stürzen ein.	7	

© Schweizerischer Erdbebendienst

Abbildung 17 Europäische Makroseismische Skala 1998 (EMS-98). Im klassischen Gebrauch werden die römischen Zahlen zwischen I (Beben nicht verspürt) und XII (totale Zerstörung) auf der EMS-98 subjektiv bestimmt.

Mittlerweile kann die Intensität **instrumentell** anhand der an den Stationen registrierten maximalen **Bodenbeschleunigungen und -geschwindigkeiten** gemessen und damit objektiv bestimmt werden. Diese Methode ermöglicht einen raschen Überblick über die möglichen Auswirkungen eines Erdbebens, ohne dass zunächst Befragungen der betroffenen Bevölkerung oder Schadensabschätzungen erforderlich sind. Um zwischen der aus Beobachtungen abgeleiteten Intensität und der an Seismometern gemessenen zu unterscheiden, bezeichnet man erste als **makroseismische Intensität** und zweite als **instrumentelle Intensität**.

Die räumliche Verteilung der Intensitäten bei einem Erdbeben werden typischerweise als Erschütterungskarten (**ShakeMaps**) dargestellt (Abbildung 18). Solche Kartendarstellungen erlauben eine schnelle Abschätzung der Bodenbewegung, die das Erdbeben erzeugt hat, und den damit verbundenen Auswirkungen.

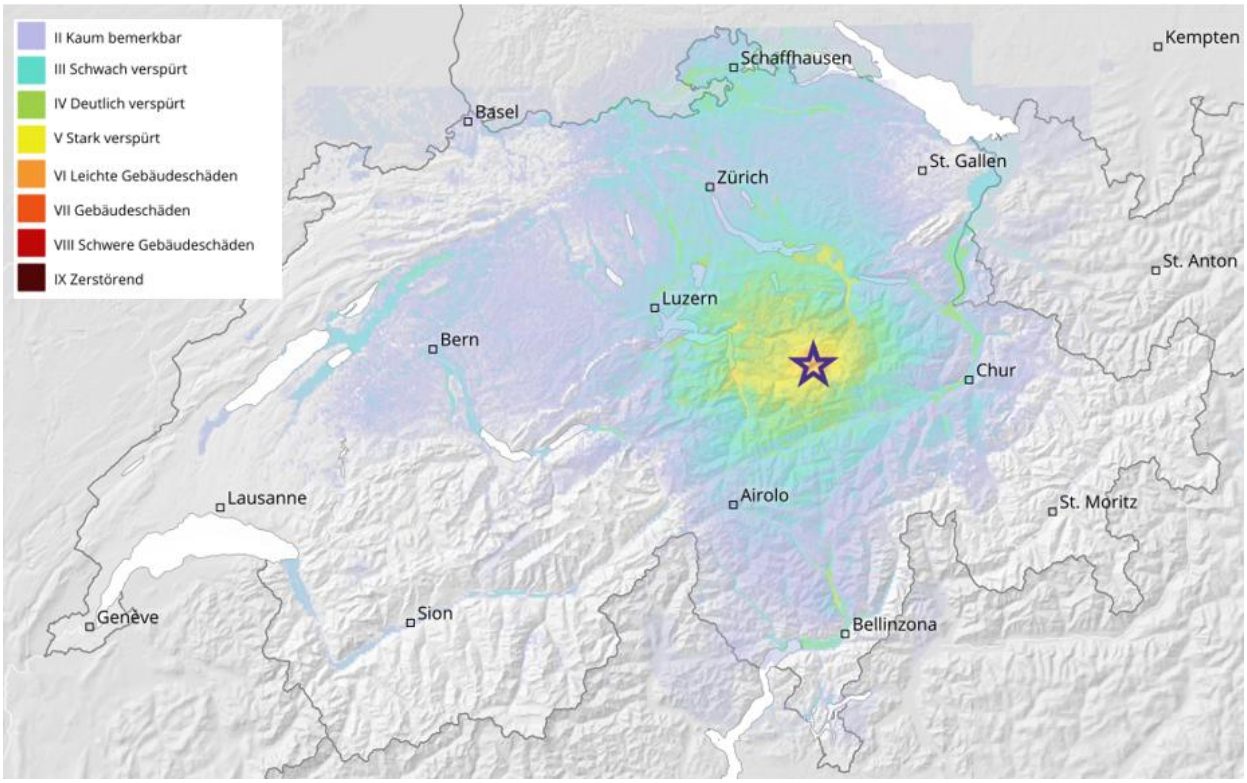


Abbildung 18 ShakeMap (Erschütterungskarte) des Erdbebens bei Linthal (GL) am 6. März 2017 mit der Magnitude von 4.6.

Mehr erfahren
Weitere Informationen über ShakeMaps in dieser Broschüre:
www.seismo.ethz.ch/export/sites/sedsite/knowledge/.galleries/pdf_brochures/Flyer_Shakemap_DE.pdf_2063069339.pdf

Aufgabe 8: Intensitäten an den verschiedenen Orten

Betrachte die ShakeMap des Erdbebens bei Linthal (GL) vom 6. März 2017 (Abbildung 18) genauer. Du kannst dazu auch die interaktive Darstellung der Karte verwenden.

Beantworte danach folgende Frage:

Weshalb wurde das Erdbeben auch in weiter entfernten Gebieten «deutlich» oder sogar «stark» verspürt?

a) Das ist ein Fehler auf der Karte, das kann gar nicht sein.

b) Die Geologie (Beschaffenheit des Untergrundes) beeinflusst nebst der Magnitude und Distanz zum Epizentrum, wie stark die Erschütterungen ausfallen.

c) In diesen Gebieten gibt es viele Menschen, daher ist die Wahrscheinlichkeit höher, dass jemand das Beben gespürt hat.

Die folgende Animation veranschaulicht die Ausbreitung der Erdbebenwellen des Erdbebens bei Linthal (GL). Die Erschütterungen können, abhängig vom lokalen Untergrund, auch an weiter entfernten Orten grösser ausfallen, insbesondere bei weichem Untergrund.

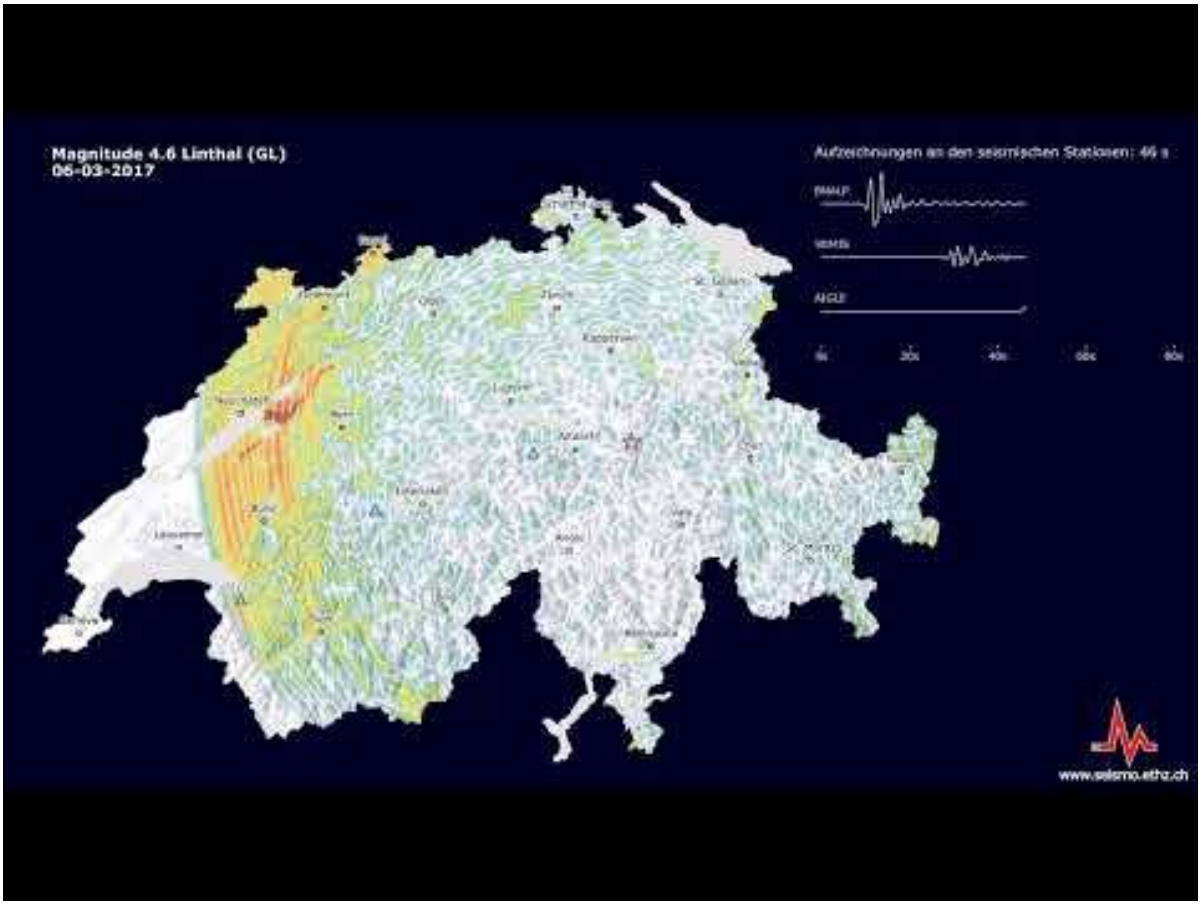


Abbildung 19 Animation des Erdbebens in Linthal (GL) vom 6. März 2017 zur Ausbreitung der Erdbebenwellen. Die Farben zeigen die Amplitude der Schwingung (= Stärke oder auch Auslenkung der Schwingung), gemessen in Geschwindigkeit (mm/s).

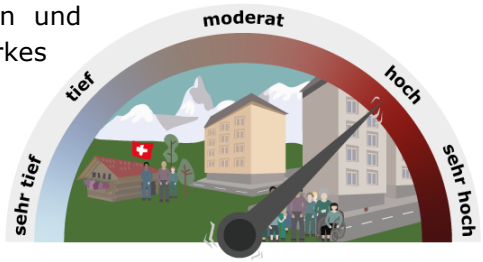
(Link: www.youtube.com/watch?v=UBG1ztt4NCQ&feature=youtu.be, 16.10.2024)

Erdbebenrisiko und die Folgen von Erdbeben

Aufgabe 9: Welche Schäden können Erdbeben verursachen?

Wähle eines oder mehrere der folgenden drei Szenarien und überlege, welche Schäden und weiteren Folgen ein starkes Erdbeben in dem jeweiligen Gebiet haben könnte.

Auch als Partneraufgabe mit anschliessender Diskussion im Plenum möglich.



Szenario 1:

Ein starkes Erdbeben in einer grossen, dicht besiedelten Stadt (z. B. Zürich)

Szenario 2:

Ein starkes Erdbeben in den Schweizer Alpen (z. B. in der Nähe von Zermatt)

Szenario 3:

Ein starkes Erdbeben an einem Ort nahe der Meeresküste (z. B. in Costa Rica)

Erdbebenrisiko

Das Erdbebenrisiko beziffert die möglichen Folgen, die durch die Erschütterungen eines Erdbebens entstehen könnten, beispielsweise die Anzahl beschädigter und zerstörter Gebäude, verletzter und obdachloser Personen oder Todesopfer. Um das Erdbebenrisiko näher zu ermitteln, werden verschiedene Werte miteinander kombiniert:

- Erdbebengefährdung: Wo, wie stark und wie häufig die Erde bebt.
- Einfluss des lokalen Untergrunds: Je weicher der Untergrund, desto grösser die mögliche Verstärkung von Bodenerschütterungen.
- Verletzbarkeit von Gebäuden: Welche Schäden Gebäude bei bestimmten Erdbebenstärken erleiden.
- Betroffene Personen und Werte: Erdbeben können nur dort Schaden anrichten, wo sich Menschen und Werte befinden.

Abbildung 20 Komponenten zur Berechnung des Erdbebenrisikos

Humanitäre Folgen	Wirtschaftliche und finanzielle Folgen
Verletzungen und Todesopfer: Erdbeben können direkt Verletzungen und Todesfälle durch einstürzende Gebäude, herabfallende Trümmer und andere Gefahren verursachen.	**Gebäudeschäden**: Erdbeben können Gebäude beschädigen, was im schlimmsten Fall zu Gebäudeeinstürzen führen kann.
Psychologische Auswirkungen: Erdbeben können psychologische Auswirkungen wie Angst, Trauma und Stress bei den Betroffenen hervorrufen, insbesondere wenn sie schwere Verluste oder Verletzungen erlitten haben.	**Infrastrukturschäden**: Strassen, Brücken, Gleise und andere Infrastruktureinrichtungen können beschädigt werden, wodurch Rettungsmassnahmen behindert werden können.
	Wirtschaftliche Verluste: Die Zerstörung von Eigentum und Infrastruktur kann zu erheblichen wirtschaftlichen Verlusten führen, einschliesslich des Verlusts von Lebensgrundlagen und Arbeitsplätzen.

Je nach Ort und Stärke können Erdbeben sekundäre Prozesse auslösen:

Massenbewegungen: Erdbeben können instabile Hänge weiter destabilisieren und Erdrutsche, Steinschläge oder Lawinen auslösen.

Tsunamis: Unterseeische Erdbeben können Tsunamis (also grosse Flutwellen) im Meer und in Seen auslösen, welche an den Küsten viel Schaden anrichten können.

Überschwemmungen: Erdbeben können Dämme beschädigen oder Flüsse blockieren, was insbesondere in Gebieten mit flachem Gelände oder in Küstennähe zu Stauungen und anschliessenden Überschwemmungen führen kann.

Bodenverflüssigung: In bestimmten Bodentypen können Erschütterungen durch Erdbeben dazu führen, dass der Boden vorübergehend seine Festigkeit verliert und sich wie Flüssigkeit verhält, was zu Gebäudeschäden führen kann.

Bodenverwerfungen: Erdbeben können sichtbare Risse und Verschiebungen an der Erdoberfläche verursachen und die Landschaft verändern.

Nachbeben: Nach einem grösseren Erdbeben sind Nachbeben zu erwarten. Nachbeben können weitere Schäden verursachen sowie Rettungs- und Wiederaufbauarbeiten erschweren.

Brände: Erschütterungen können Gasleitungen beschädigen oder elektrische Kurzschlüsse verursachen, die zu Bränden führen können.

Icons: Flaticon.com

Schutz vor Erdbeben

Erdbeben lassen sich weder genau vorhersagen noch verhindern. Mit verschiedenen Massnahmen können wir mögliche Auswirkungen und Schäden allerdings verringern – zuhause und in den Ferien.

Erdbebengerechte Bauweise

Der beste Schutz vor den Folgen eines Erdbebens sind eine erdbebengerechte Bauweise sowie das Sichern von Gegenständen, die herunterfallen oder umkippen könnten. Die erdbebengerechte Bauweise hat zum Ziel, den Einsturz eines Gebäudes und damit Todesopfer und Verletzungen zu vermeiden. Zudem hilft sie, die Funktionstüchtigkeit wichtiger Gebäude bei einem starken Erdbeben aufrechtzuerhalten und Folgeschäden, wie z. B. durch Brände, zu begrenzen.

In der Schweiz regeln die kantonalen Gesetzgebungen das Bauen. Gewisse Baugesetzgebungen verlangen explizit die Einhaltung der geltenden Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA). Zudem stellen immer mehr Kantone im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens erdbebenspezifische Anforderungen. Die Umsetzung des erdbebengerechten Bauens liegt allerdings in der Verantwortung der Eigentümerinnen und Eigentümer und deren beauftragten Fachplanerinnen und Fachplanern.

Erdbebenversicherung

Der Abschluss einer Erdbebenversicherung ist die klassische Massnahme zur Absicherung von finanziellen Schäden durch ein Erdbeben. Denn auch bei einer erdbebengerechten Bauweise können bedeutende Schäden an Gebäuden entstehen.

Verhaltensempfehlungen

Aufgabe 10: Notiere stichwortartig, wie Du Dich in den verschiedenen Situationen verhalten würdest, wenn die Erde plötzlich zu beben beginnt.

1. Draussen auf der Strasse

So würde ich mich verhalten:

2. Zuhause im Wohnzimmer

So würde ich mich verhalten:

3. In den Ferien am Strand

So würde ich mich verhalten:

Vor einem Beben

Bei Neubauten, Umbauten und Sanierungen

- Den besten Schutz bietet eine erdbebengerechte Bauweise. Sie verfolgt das Ziel, den Einsturz eines Gebäudes und damit Todesopfer und Verletzte zu vermeiden.
- Prüfen, ob der Abschluss einer Erdbebenversicherung sinnvoll erscheint, um das persönliche (finanzielle) Risiko zu mindern.

Gefahren im Gebäudeinneren

- Gegenstände sichern, die aufgrund von Erschütterungen beschädigt werden und / oder herunterfallen und dabei Verletzungen verursachen könnten, z. B. Deckenverkleidungen, Regale und deren Inhalt, Fernseher und Musikanlagen oder Beleuchtungen.

Vorbereitet sein (auf Erdbeben und andere Notlagen)

- Überlegen, wie man sich bei einem Beben verhalten sollte.
- Erste-Hilfe-Kasten zusammenstellen und Notvorräte bereithalten.
- Wichtige Dokumente, wie Pass oder Führerschein, kopieren und bereithalten.
- Um Stromausfälle zu überbrücken, Taschenlampe, batterie-betriebenes Radio und Bargeld bereithalten (Geldbezug am Bankomaten ist evtl. nicht möglich).
- Wissen, wo sich Haupthähne und Hauptschalter für Gas, Wasser und Strom befinden und wie man diese bedient.

Während einem Beben

In einem Gebäude

- In Deckung gehen (z. B. unter einem stabilen Tisch).
- Achtung vor herunterfallenden oder umstürzenden Gegenständen (z. B. Regale, schwere Möbel, Fernseher, Musikanlagen und Beleuchtung) sowie die Nähe zu Fenstern und Glaswänden meiden, die zerbrechen könnten.
- Das Gebäude nur verlassen, wenn die Umgebung sicher ist (z. B. wenn keine weiteren Gegenstände wie etwa Ziegel herunterfallen).

Im Freien

- Im Freien bleiben, nicht in ein Gebäude fliehen.
- Nähe zu Gebäuden, Brücken, Strommasten, grossen Bäumen und weiteren Objekten meiden, die einstürzen oder herunterfallen könnten.
- An Gewässern Uferbereich verlassen.

In einem Fahrzeug

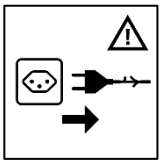
- Fahrzeug anhalten und während des Bebens nicht verlassen.
- Wenn möglich, nicht auf Brücken, in Tunneln oder Unterführungen anhalten.
- Nähe zu Gebäuden am Strassenrand meiden (Einsturzgefahr).

Nach einem Beben

Im Schadengebiet

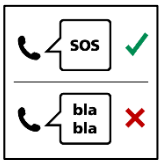
- Auf Nachbeben gefasst sein.
- Hilfe leisten, ohne sich dabei selbst zu gefährden.
- Gebäude auf Schäden prüfen. Bei grösseren Schäden Gebäude verlassen.

- Vorsicht beim Verlassen des Gebäudes. Es könnten Mauerwerksteile, Dachbalken, Ziegel etc. herunterfallen.
- Gebäude und Umgebung nach Brandherden absuchen. Kleinere Feuer bei Möglichkeit löschen und / oder die Feuerwehr alarmieren.



- Gas-, Wasser- und Stromleitung auf Schäden prüfen und bei Verdacht abschalten.

- Sich über das Radio, Fernsehen oder Internet informieren.
- Anweisungen der Einsatzkräfte befolgen.



- Nur in Notfällen telefonieren. Netz für wirkliche Notfälle freihalten.
- Keine privaten Autofahrten. Strassen für Einsatzkräfte freihalten.
- Auf Stromausfälle gefasst sein.

© Icons: Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS

Die Informationsbroschüre «Hilfe, die Erde bebt! Was tun im Ereignisfall?» kann auf der Webseite des Schweizerischen Erdbebendienstes an der ETH Zürich auf Deutsch, Englisch, Französisch und Italienisch heruntergeladen werden:

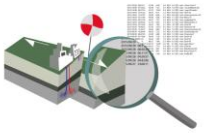
www.seismo.ethz.ch/de/news-and-services/brochures

Weiteres Unterrichtsmaterial

Möchtest du noch mehr über das Thema Erdbeben wissen? Hier kannst du mehr erfahren:

Erdbebenrisiko und -gefährdung in der Schweiz
Download

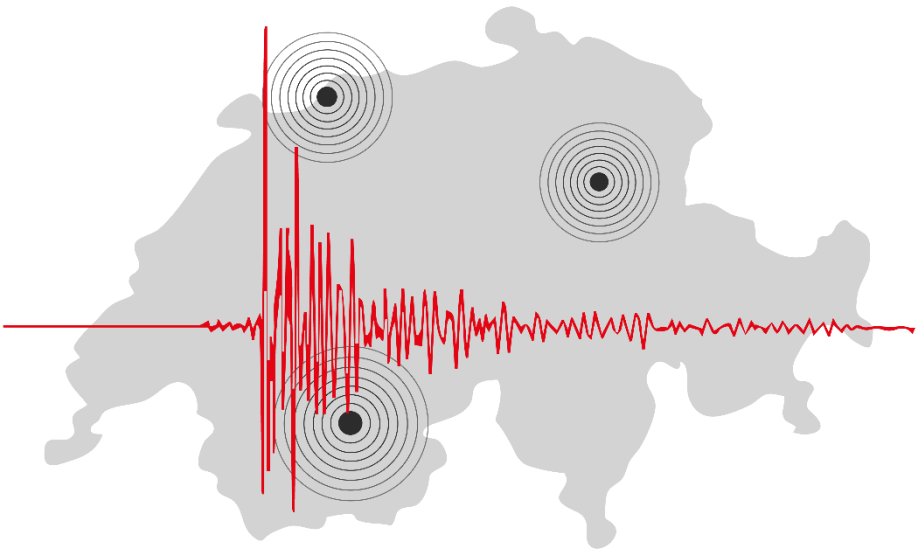
Falschinformationen und Medienkompetenz
Download



Induzierte Seismizität
Download

Erdbebenüberwachung und Raspberry Shake
Download

Weitere Informationen rund um das Thema Erdbeben auf der Webseite des Schweizerischen Erdbebendienstes an der ETH Zürich auf www.seismo.ethz.ch.

Fragen und Anregungen zu den Lernmodulen oder anderen Themen rund um den Erdbebenunterricht in Schulen nehmen wir gerne entgegen.

E-Mail: seismo_at_school@sed.ethz.ch