

Wie kann man Erdbeben untersuchen?

Fachleute, die Erdbeben beobachten und auswerten, nennt man Seismologen. Sie untersuchen die von einem Erdbeben hervorgerufenen Schäden und Veränderungen im Gelände, messen mithilfe von Seismographen die Bodenbewegungen an der Erdoberfläche und zeichnen diese auf.

Das Prinzip eines Seismographen zeigt Fig. 1. Der frei aufgehängte Pendelkörper des Seismographen bleibt aufgrund der Trägheit bei Erschütterungen in Ruhe. Der am Körper befestigte Stift zeichnet die Ausschläge auf einem mit dem Boden verbundenen Papier auf, das sich an dem Stift vorbeibewegt. Fig. 2 zeigt das aufgezeichnete Seismogramm eines Erdbebens.

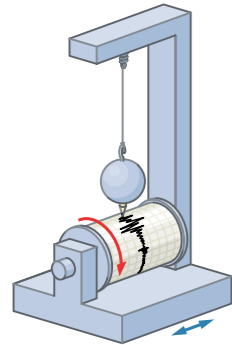


Fig. 1

Ein „Live-Seismogramm“ findest du im Internet unter <http://geoweb.zamg.ac.at>.

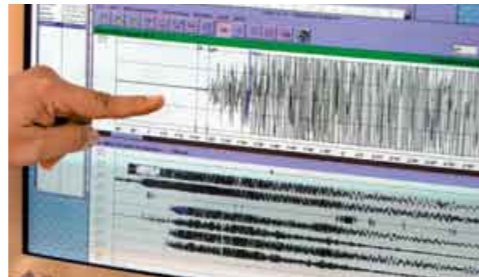


Fig. 2

Der amerikanische Seismologe Charles Francis Richter (1900 – 1985) hat ein Verfahren entwickelt, um verschiedene Erdbeben miteinander vergleichen zu können. Hierbei wird die Intensität I , die der Seismograph von einem Erdbeben aufzeichnet, mit der Intensität I_0 eines gerade noch wahrnehmbaren Bebens verglichen.

Die Stärke S eines Bebens ist dann festgelegt durch: $S = \lg\left(\frac{I}{I_0}\right)$.

Ein Beben der Stärke 1 hat also die 10-fache Intensität eines gerade noch wahrnehmbaren Bebens; ein Beben der Stärke 4 ist 100-mal so stark wie ein Beben der Stärke 2.

Stufen der Richterskala			
Stärke	Wirkung	Energie (in Tonnen TNT)	Anzahl von Beben pro Jahr
0 bis 1,9	unmerklich, nur mit Instrumenten nachweisbar	0,001 bis 0,7	sehr große Zahl
2 bis 2,9	freihängende Pendel schwingen leicht	1 bis 22	300 000
3 bis 3,9	aneinanderstehende Gläser klirren leise	30 bis 700	49 000
4 bis 4,9	Bäume und Masten schaukeln leicht	10^3 bis $22 \cdot 10^3$	6200
5 bis 5,9	Möbel bewegen sich, im Putz bilden sich Risse	$30 \cdot 10^3$ bis $700 \cdot 10^3$	800
6 bis 6,9	Fundamente verschieben sich	10^6 bis $22 \cdot 10^6$	120
7 bis 7,9	nur wenige Gebäude bleiben stehen, Spalten im Boden, vernichtende Flutwellen möglich	$30 \cdot 10^6$ bis $700 \cdot 10^6$	18
8 bis 8,9	flächendeckende Zerstörungen, bis zu 40m hohe Flutwellen möglich	10^9 bis $22 \cdot 10^9$	alle fünf Jahre ein Beben
über 9	Zerstörungen wie zuvor, zusätzlich: lokale Erdschollen verschieben sich, Landesteile können erscheinen oder verschwinden		unbekannt

Die bei Stärkenstufen oberhalb von 7 freigesetzte Energie kann mit der Energie verglichen werden, die beim Einschlag eines Meteoriten frei wird.

So entspricht die Stufe 7 bis 7,9 einem Einschlag, bei dem der Meteorit einen Durchmesser von 100 m bis 200 m hat. Bei der Stufe 8 bis 8,9 hätte der Meteorit sogar einen Durchmesser von 250 m bis 700 m.

Trinitrotoluol (TNT) ist der am häufigsten verwendete Explosivstoff.

- Welche Stärke auf der Richterskala hat ein Beben der Intensität $100 I_0$ ($10\,000 I_0$)?
 - Um welchen Faktor erhöht sich die Intensität I_0 bei einem Beben der Stärke 8,5?

Man kann die Stärke eines Bebens auch mit der Energiemenge vergleichen, die einer entsprechenden Menge Sprengstoff entspricht. Der Zusammenhang zwischen der Stärke S eines Bebens und der Menge M des Sprengstoffes TNT mit vergleichbarer Energie lässt sich näherungsweise in der Gleichung $S = 2 + \frac{2}{3} \lg(M)$ zusammenfassen.

- Leite aus der Gleichung $S = 2 + \frac{2}{3} \lg(M)$ die Gleichung $M = 10^{\frac{3}{2}(S-2)}$ her.
 - Zeige: In der Richterskala steigt die Energie stufenweise etwa um den Faktor 32.

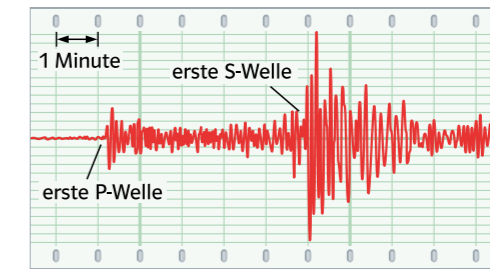
Die Richterskala ist prinzipiell nach „oben offen“. Höhere Werte als 10 sind aber kaum denkbar, da Gestein nicht genügend Energie speichern kann. Die Energie entlädt sich bereits bei kleineren Stärkestufen durch Bewegung, die zum Zerbröckeln des Gesteins führt. Bei Stärke 10 müsste ein ganzer Kontinent aufreißen. Die Energie, die zu einer Stärke von 100 gehört, wäre so groß, dass die Erdkugel zerbrechen würde. Der bisher höchste gemessene Wert von 9,5 trat 1960 bei einem Seebeben vor der Küste Chiles auf. Das Seebeben am 26.12.2004 im Indischen Ozean hatte die Stärke 9,0.

Die fünf stärksten Erdbeben seit 1900:

9,5	22.5.1960	Pazifischer Ozean vor der Küste Chiles
9,2	28.3.1964	Prince William Sund, Alaska
9,1	9.3.1957	Andreanof, Alaska
9,0	4.11.1952	Kamchatka
9,0	26.12.2004	Indischer Ozean

Wie liegt das Epizentrum eines Bebens?

Vom Epizentrum breiten sich Wellen kreisförmig aus. P-Wellen besitzen die höchste Ausbreitungsgeschwindigkeit v_p , die zwischen $6 \frac{km}{s}$ und $14 \frac{km}{s}$ betragen kann. Sie erreichen daher als Erste einen bestimmten Erdbebedetektor (daher der Name Primärwelle oder P-Welle).

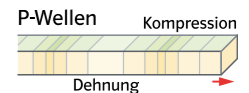


Das Epizentrum eines Erdbebens ist der Punkt auf der Erdoberfläche, der genau senkrecht über dem sogenannten Erdbebenherd, also dem Ausgangspunkt des Bebens in der Erdkruste, liegt.

epikentros (griech.): über dem Mittelpunkt

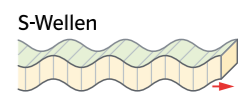
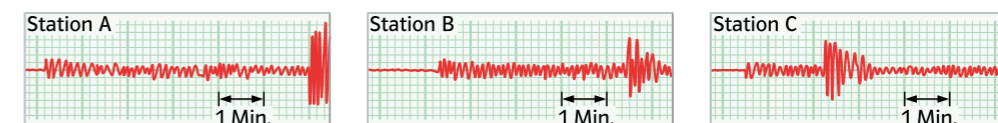
Die S-Wellen (Sekundärwellen) sind transversale Scherwellen, die sich mit Geschwindigkeiten v_s von $3,5 \frac{km}{s}$ bis $7,4 \frac{km}{s}$ ausbreiten können und daher den obigen Erdbebedetektor erst nach den P-Wellen erreichen. Aus der Zeitspanne, die zwischen dem Eintreffen von ersten S- und ersten P-Wellen liegt, lässt sich die Entfernung zum Zentrum des Bebens, dem Epizentrum, bestimmen, wenn die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Wellen bekannt sind. Wird diese Messung von drei verschiedenen Stationen durchgeführt, so lässt sich daraus das Epizentrum des Bebens konstruktiv bestimmen.

- Zeige, dass sich der Abstand x zwischen dem Epizentrum und einer Messstation mit der Gleichung $x = \frac{t}{\frac{1}{v_s} - \frac{1}{v_p}}$ berechnen lässt. (v_p, v_s : Ausbreitungsgeschwindigkeiten der P-Wellen und der S-Wellen; t : Zeitspanne zwischen dem Eintreffen der ersten P-Welle und dem Eintreffen der ersten S-Welle)



P-Wellen sind Longitudinalwellen und erzeugen Kompression und Dehnung.

- Die Seismogramme (Fig. 1) zeigen Messungen dreier Stationen zum selben Erdbeben. Bestimme die Abstände, die die Messstationen A, B und C vom Epizentrum des Bebens haben. Rechne mit $v_p = 4 \frac{km}{s}$ und $v_s = 7,5 \frac{km}{s}$.
 - In einem Koordinatensystem mit dem Maßstab 1cm für 500 km liegen die Messstationen bei A(0|0), B(2|4) und C(4|2). Konstruiere die Lage des Epizentrums.



S-Wellen sind Transversalwellen und erzeugen Verwerfungen der Erdoberfläche.

Fig. 1