

## Was ist die Magnitude und was ist die Intensität eines Erdbebens?

*Prof. Dr. Peter Bormann, GeoForschungsZentrum Potsdam*

Es gibt in der Erdbebenforschung zwei Skalen, um die Erdbeben bzw. die Erdbebenerschütterungen nach ihrer Stärke zu klassifizieren. Beide werden oft verwechselt.

### 1. Intensität

Die **Intensitätsskala** klassifiziert die der Erschütterungen/Schwingungen an einem beliebigen Ort nach der Art der Erschütterungswahrnehmungen durch Menschen und den Grad der Erdbebenschäden. Diese Intensitätsskala (manchmal auch nach ihren Autoren abgekürzt als MSK oder MM bzw. (die neueste Version für Europa) EMS98 bezeichnet, unterteilt die Erdbeben in **12 Klassen**. Wenn diese Erschütterungen nicht in einer beliebigen Entfernung vom Erdbebenherd, sondern direkt über diesem, im sogenannten Epizentrum, gemeint sind, dann spricht man von der sogenannten **Epizentralintensität  $I_0$** . Sie ist in der Regel die größte bei einem Beben beobachtete Intensität.

Die Erdbebenintensitätsskala ist vergleichbar mit der Windstärkeskala nach Beaufort, die ebenfalls 12 Klassen hat - von Windstille bis zum verheerenden Orkan. Die Klassifizierung erfolgt dort ebenfalls nach den Wahrnehmungen (z.B. dünne Zweige bewegen sich im Wind, Bäume schwanken im Wind, Dächer werden abgedeckt, Bäume entwurzelt, Brandungswellen bzw. Wellen auf hoher See von bestimmter Kammhöhe etc.).

### 2. Magnitude

Ganz anders verhält es sich mit der sogenannten Richterskala, auch **Magnitudenskala** genannt. Sie wurde erstmalig 1935 von Prof. Richter in Kalifornien vorgeschlagen und existiert heute in vielen Modifikationen. Die Magnitude ist ein Maß für die gesamte beim Beben freigesetzte seismische Schwingungs**energie**. Der zweite wesentliche Unterschied im Vergleich zur Intensität  $I$  ist, daß die Magnitude nicht auf Erschütterungs- und Schadensberichten durch Menschen, d.h. nicht auf subjektiven Wahrnehmungen beruht, sondern sich auf instrumentelle Registrierungen der tatsächlich gemessenen Geschwindigkeit der Bodenschwingungen gründet.

Die Messungen erfolgen mit Seismographen. Erdbeben senden verschiedene Wellentypen aus. Da die Abnahme der Schwingungsamplituden mit der Entfernung in Abhängigkeit von der Art des beobachteten Wellentypes korrigiert wird, müsste theoretisch der an jeder seismologischen Station der Erde für ein bestimmtes Beben ermittelte Magnitudenwert identisch sein. Die Erde ist aber in ihrer Struktur nicht ganz gleichmäßig aufgebaut, die Dämpfung der Erdbebenwellen ist auch von der Art und

Temperatur der Gesteine abhängig und zudem strahlt ein Erdbebenherd die Energie ungleichmäßig in verschiedene Richtungen aus. Deshalb können sich die von einzelnen Stationen berechneten Magnitudenwerte sehr wohl um  $\pm 0,5$  Magnitudeneinheiten unterscheiden. Das erklärt auch die Abweichungen mancher Magnitudenangaben, die in den Medien unmittelbar nach einem Erdbeben bekannt werden, da diese Werte zumeist nur auf den Beobachtungen einer einzigen oder nur weniger Stationen beruhen. Später werden dann mittlere Magnitudenwerte aus Messungen vieler, weltweit verteilter Stationen angegeben, die zuverlässiger sind.

Die Stärke der Erdbebenschwingungen ist sehr verschieden. Mit empfindlichen Seismographen können heute noch Schwingungen von weniger als einmillionstel Millimeter (das sind Größenordnungen von Atom- und Moleküldurchmessern) aufgezeichnet werden. Im Vergleich können bei den stärksten Erdbeben bleibende Verschiebungen des Bodens von über 10 m auftreten, d.h. über 10 milliardenfach stärker als die Bodenbewegungen bei den schwächsten noch registrierbaren Erdbeben.

Da man das in normalen (natürlichen) Zahlen nicht mehr übersichtlich darstellen kann, werden Erdbebenmagnituden nach einer sogenannten logarithmischen Skala angegeben, d.h.  $\log 10 = 1$  und  $\log 10^9 = \log 1000\ 000\ 000$  (1 Milliarde) = 9. Wenn sich also die Magnitude eines Bebens um 1 ändert (vergrößert oder verkleinert), dann war die entsprechende Geschwindigkeit der Bodenschwingungen zehnmal größer oder kleiner.

Anhand einer von den amerikanischen Seismologen Gutenberg und Richter schon 1956 angegebenen Beziehung zwischen der seismischen Schwingungsenergie  $E_s$  und der aus Oberflächenwellen ermittelten Magnitude  $M_s$  gilt:

$$\log E_s = 1,5 M_s + 4,8 \quad (\text{in Joule})$$

Dementsprechend wächst  $E_s$  pro Magnitudeneinheit um das 31,6fache an. Oder, am konkreten Beispiel erläutert: Ein Beben der Magnitude 7 setzt etwa 1000mal mehr Erschütterungsenergie frei als ein Beben der Magnitude 5.

Bezogen auf die Analogie der Windstärkemessungen sind Magnitudenbestimmungen vergleichbar mit instrumentellen Messungen der Windgeschwindigkeit mittels Drehschaukelkreuz-Anemometer.

### **Anmerkungen zur Richterskala**

- 1) In der Presse wird oft von der "nach oben offenen Richterskala" gesprochen. Das suggeriert, daß Erdbeben der Magnitude 100 bzw. 1000 oder gar unendlich möglich wären. Das ist aber physikalisch unsinnig. Zwar hat Prof. Richter von sich aus keine obere Grenze, wie z.B. bei der 12-teiligen Intensitätsskala, festgesetzt, die Natur selbst aber setzt der Magnitude von Erdbeben Grenzen. Erdbeben können nur in der spröden Gesteinsschicht, nicht aber im zähflüssigen Teil des Erdmantels oder gar des flüssigen Erdkerns auftreten. Bei dem stärksten Erdbeben im 20. Jahrhundert, 1960 in Chile, ist die Erdkruste in ihrer ganzen Dicke von etwa 40 km auf einer Länge von fast 1000 km aufgerissen und hat sich bis um etwa 10 m verschoben. Dem entsprach eine Magnitude  $M = 9,5$  bis 10. Und mehr ist praktisch nicht möglich, als daß ein ganzer Kontinent aufreißt. Bei einem Erdbeben der Magnitude 100 würde die ganze Erde auseinanderbrechen, falls sie als Ganzes fest und spröde wäre.
- 2) Prof. Richter hatte seinerzeit die Magnitude 0 auf einen Wert der Bodenschwingung bezogen, der ihm als der kleinstmögliche jemals meßbare Wert erschien. Mit

modernen elektronischen Seismographen können heute sogar über 1000 mal kleinere Bodenbewegungen als in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts gemessen werden. Das bedeutet aber, daß sehr schwache, heute ganz lokal gerade noch meßbare Erdbeben negative Magnituden (bis etwa -2 bis -3) haben können. Diese Erdbeben haben aber nicht „negative“ Energie, sondern sind nur sehr viel schwächer als ursprünglich für die schwächsten meßbaren Beben angenommen.

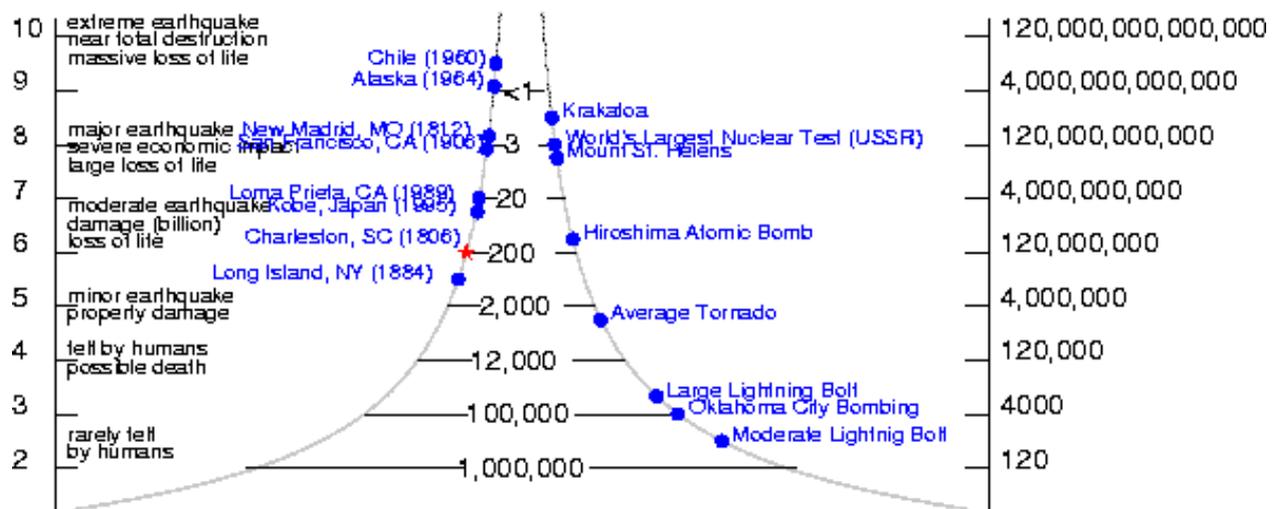
**Intensität: Erdbebenwahrnehmungen und -schäden nach der Europäischen Makroseismischen Skala EMS-98 (Link zu <http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb53/projekt/ems/>)**

EMS-Intensität	Definition	Beschreibung der beobachteten typischen Effekte
<b>I</b>	<b>Nicht gespürt</b>	Keinerlei Wahrnehmungen durch Menschen.
<b>II</b>	<b>Sehr selten gespürt</b>	Nur von sehr wenigen Personen (< 1%) in Ruhe und in sehr empfindlicher Position innerhalb von Gebäuden wahrgenommen.
<b>III</b>	<b>Schwach</b>	Von wenigen Personen in Gebäuden wahrgenommen als leichtes Schwingen oder Vibrieren.
<b>IV</b>	<b>Weitgehend beobachtet</b>	In Gebäuden von vielen, im Freien aber nur von sehr wenigen Personen wahrgenommen; einige wachen auf; leichtes Schwingen oder Vibrieren von Gebäuden, Möbel, etc., Rütteln von Fenstern und Türen, Knarren von Balken; hängende Objekte schwingen.
<b>V</b>	<b>Stark</b>	In Gebäuden von den meisten und im Freien von einigen wahrgenommen; einige rennen erschrocken ins Freie, viele Schlafende erwachen; starke Erschütterungen des ganzen Gebäudes, Raums und von Möbeln; hängende Objekte schwingen erheblich, labil aufgestellte können sich verschieben oder fallen um; Flüssigkeiten schwingen und können überschwappen, Türen und Fenster können auf- und zuschlagen; Wenige Gebäude schlechter Bausubstanz können leichte Schäden aufweisen.
<b>VI</b>	<b>Geringe Schäden</b>	Viele Leute rennen beängstigt ins Freie. Einige Objekte fallen um, Möbel können rutschen. Viele Häuser erleiden geringe Schäden wie Haarrisse oder Abfallen kleiner Putzflächen
<b>VII</b>	<b>Schäden</b>	Die meisten Leute rennen beängstigt ins Freie. Möbel können verrückt und viele Gegenstände aus Regalen geworfen werden. Viele gut gebaute gewöhnliche Bauten erleiden mäßige Schäden wie kleine Risse in Wänden, Abfallen von Putz, Abbrechen von Schornsteinteilen. Bei älteren Gebäuden können größere Risse in Wänden auftreten; nichttragende Wände können einstürzen.
<b>VIII</b>	<b>Starke Schäden</b>	Viele Leute haben Schwierigkeiten, stehen zu bleiben. Viele Häuser weisen große Risse in den Wänden auf. Einige gut gebaute, normale Bauten zeigen ernsthafte Versagensschäden von Wänden. Schwache ältere Gebäude können einstürzen.
<b>IX</b>	<b>Zerstörend</b>	Allgemeine Panik. Viele schwache Konstruktionen stürzen ein. Sogar gut gebaute, normale Bauten zeigen sehr schwere Schäden, z.B. schwerwiegendes Versagen von Wänden und teilweise auch strukturelles Versagen.
<b>X</b>	<b>Stark zerstörend</b>	Viele normale Bauwerke stürzen ein.
<b>XI</b>	<b>Verwüstend</b>	Die meisten gut gebauten, normalen Bauwerke stürzen ein, sogar einige mit guter, erdbebensicherer Bauweise werden zerstört
<b>XII</b>	<b>Totale Zerstörung</b>	Alle Gebäude schlechter bis mittelguter Bausubstanz und die meisten mit guter Bausubstanz (Holz-, Stahl oder Stahlbeton verstärkt) werden zerstört. Maximale Schäden und Landschaftsveränderungen.

## Magnitude

## Energy Release

(equivalent pounds of explosive)



Number of Earthquakes per Year (worldwide)

★ This Earthquake

**Magnitude** (Quelle: IRIS, Washington) Link zu:  
<http://www.iris.washington.edu/seismic/events/>