

Faktenblatt

Februar 2018

Erdbebensicherheit von Kernkraftwerken

In Kernkraftwerken muss die Sicherheit jederzeit gewährleistet sein. Das gilt auch bei starken Erdbeben und ihren Folgewirkungen. Dieser Anforderung ist beim Bau der Schweizer Kernkraftwerke von Anfang an Rechnung getragen worden, obwohl sie alle in seismisch wenig gefährdeten Zonen liegen. Dennoch sind sie so gebaut worden, dass sie auch seltene, sehr starke Erdbeben überstehen können. Ihr Schutz wird laufend im Lichte neuer Erkenntnisse überprüft und verbessert. Aufgrund all dieser Vorkehrungen gehören unsere Kernkraftwerke zu den erdbebensichersten Bauten der Schweiz.

Wie wichtig eine vorausschauende Planung ist, hat das Unglück im März 2011 in Japan gezeigt, als ein Tsunami das ungenügend geschützte Kernkraftwerk Fukushima-Daiichi überschwemmte – obwohl an Japans Küsten solche von starken Erdbeben im Ozean ausgelöste Riesenwellen in den vergangenen Jahrhunderten immer wieder aufgetreten waren.

Das Kernkraftwerk Onagawa beispielsweise, das dem Erdbebenherd am nächsten lag, überstand die Naturkatastrophe ohne grosse Schäden – weil dort bereits beim Bau mit sehr grossen Tsunamis gerechnet wurde.

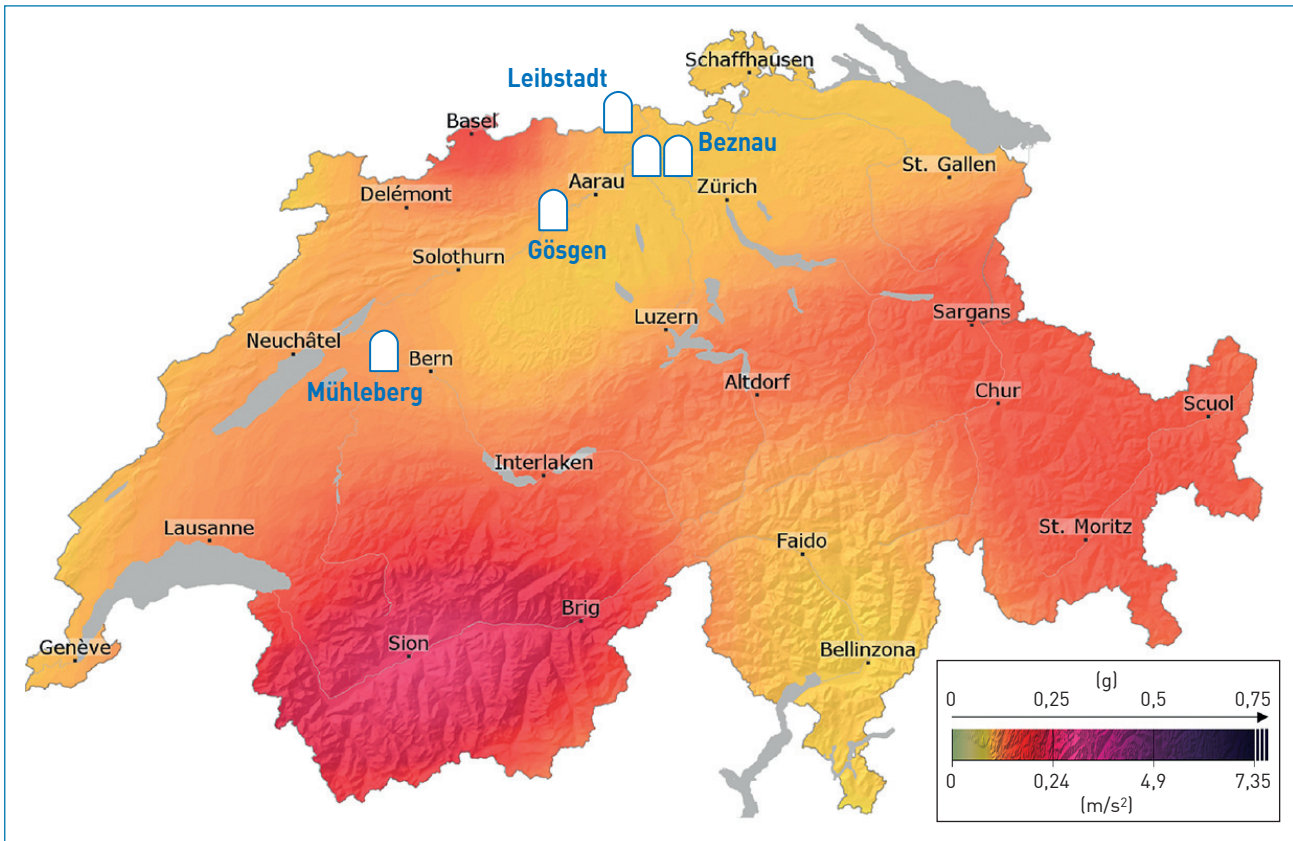
Schweiz: mässiges Erdbebenrisiko

Anders als Japan befindet sich die Schweiz in einer Zone niedriger bis mittlerer Erdbebenaktivität – in der Übergangzone zwischen einem Gebiet mit hoher Erdbebenaktivität im Süden (Italien, Griechenland) und einer ruhigen Region im nördlichen Europa.

Erdbeben können weder verhindert, noch verlässlich vorausgesagt werden. Daher konzentriert sich der Erdbebenschutz auf das Verhüten oder das Mildern der Folgen. Das Risiko der Bevölkerung ergibt sich einerseits aus der Erdbebengefährdung (Intensität und Häufigkeit) und andererseits aus der Schadenanfälligkeit der Bauten. Denn nicht Erdbeben töten, sondern einstürzende Bauten, Folgebrände, Erdrutsche oder Flutwellen.



In der Schweiz kann die Erde jederzeit beben. Die Kernkraftwerke sind daher so gebaut worden, dass sie auch seltene, sehr starke Erdbeben überstehen können. Sie gehören zu den erdbebensichersten Bauten der Schweiz. **Bild: Nuklearforum Schweiz**



Die Erdbebengefährdung in der Schweiz: Die Kernkraftwerke befinden sich alle in wenig gefährdeten Gebieten. Dargestellt ist die horizontale Beschleunigung bei einer Frequenz von 5 Hertz, die ein Gebäude auf felsigem Untergrund einmal in 500 Jahren erfährt.

Quelle: Schweizerischer Erdbebendienst / ETH Zürich, 2015

Mittelland ist seismisch eher ruhig

Das Erdbebenrisiko an einem bestimmten Ort ergibt sich aus der Stärke der an der Erdoberfläche zu erwartenden Stösse, in Verbindung mit ihrer durchschnittlichen Häufigkeit (Wiederkehrperiode) innerhalb eines bestimmten Zeitraums.

Im Jahr 2015 hat der Schweizerische Erdbebendienst an der ETH Zürich aktualisierte Gefahrenkarten publiziert, die auf den derzeit modernsten Beurteilungsmethoden beruhen. Die oben stehende Karte zeigt die Beschleunigungen im fest gefügten Fels, die für Gebäude relevant sind. In den gelben und orangen Gebieten erwarten die Fachleute im Mittel nur schwache Erdstösse. In den roten Regionen wie beispielsweise dem Wallis oder der Region Basel rechnen sie hingegen mit stärkeren Erdbeben und entsprechend höheren Beschleunigungen.

Die Karte zeigt, dass die schweizerischen Kernkraftwerke in seismisch eher ruhigen

Zonen liegen – was nicht heisst, dass an diesen Standorten nicht auch grössere Erdbeben auftreten können, wenn auch sehr selten. So rechnen die Experten für diese ruhigen Zonen bei einer Wiederkehrperiode von 10 000 Jahren mit Erdbeben mit Beschleunigungen im Bereich von etwa 0,25 g¹.

Im weltweiten Vergleich entspricht dies einem mittleren Gefährdungsniveau. Bei sehr starken Erdbeben in Japan oder Taiwan wurden im Fels schon Beschleunigungen über 0,5 g gemessen.

Schutz durch strenge Baunormen

Wesentlich für Schäden an Bauten sind die bei einem Erdbeben an der Erdoberfläche freigesetzten Energien, die Dauer der Einwirkung sowie die dabei auftretenden Beschleunigungen. Bei schweren Erdbeben rund um die Erde hat sich immer wieder bestätigt, dass die

¹ Die bei Erdbeben an der Erdoberfläche auftretenden Beschleunigungen werden in Metern pro Sekunde im Quadrat [m/s²] oder in g, der Normal-Erdbeschleunigung (9,81 m/s²) angegeben. Eine Rolle spielen zudem die Richtung der Beschleunigungen sowie die auftretenden Schwingungen (ausgedrückt in der Einheit Hertz = Anzahl der Schwingungen pro Sekunde).

Widerstandskraft von Gebäuden – und damit die Gefährdung von Menschen – wesentlich von der Bauweise und vom Baugrund abhängt. 1970 sind daher in der Schweiz erstmals für herkömmliche Neubauten Bestimmungen für einen minimalen Erdbebenschutz in die Baunormen aufgenommen worden. Seither wurden sie wiederholt modernisiert. Solche Bauten werden heute gegen Erdbeben mit einer Wiederkehrperiode von 475 Jahren ausgelegt.

Für Sonderbauten wie Talsperren und Kernkraftwerke gelten wesentlich schärfere Bestimmungen. Diese Sondervorschriften galten bereits vor 1970, als die ersten Kernkraftwerke in der Schweiz gebaut wurden.

Kernkraftwerke müssen auch extremen Erdbeben standhalten

Bei Planung, Bau und Nachrüstung der Schweizer Kernkraftwerke wurden und werden – wie international üblich – zwei Kategorien von Erdbeben zugrunde gelegt: das sogenannte Sicherheitserdbeben (SSE, Safe Shutdown Earthquake), und das sogenannte Betriebserdbeben (OBE, Operating Basis Earthquake). Das SSE entspricht jenem Erdbeben, dessen Eintrittshäufigkeit an einem gegebenen Standort im Bereich von einmal in 10 000 Jahren liegt.

Für das OBE wird gemäss der Praxis in den USA die Hälfte der Stärke des SSE angenommen. Die mittlere Wiederkehrperiode für das OBE liegt aufgrund der bisherigen internationalen Praxis bei 200 bis 400 Jahren. Die Schweizer Kernkraftwerke sind so robust geplant, gebaut und nachgerüstet worden, dass sie ein OBE ohne jeglichen Schaden überstehen und in Betrieb bleiben können.

Darüber hinaus sind die sicherheitsrelevanten Anlagenteile – wie das Reaktorgebäude oder die Notstandssysteme – für das viel seltenere SSE ausgelegt. *Ein Erdbeben in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft von der Stärke des Bebens von 1356 in Basel (siehe Kasten) würden sie sicher überstehen.* Dabei könnten zwar Schäden auftreten, doch liesse sich der Reaktor immer noch sicher abschalten und die Nachwärme abführen. Auch würden keine unzulässigen Strahlenbelastungen für Mensch und Umwelt auftreten.

Magnitude und Intensität

Die **Magnitude** ist ein Mass für die im Bebenherd (Epizentrum) freigesetzte Energie. Sie wird heute meistens als sogenannte Moment-Magnitude (M_w) berechnet und ersetzt die bekannte Richterskala.

Das Erdbeben vor Sumatra beispielsweise, das am 26. Dezember 2004 einen verheerenden Tsunami auslöste, hatte eine Magnitude von 9,1. Das schwerste historische Erdbeben in der Schweiz, jenes von Basel im Jahr 1356, dürfte eine Magnitude von 6,6 erreicht haben.

Die **Intensität** beschreibt die Schadenswirkung eines Erdbebens an der Erdoberfläche an einem bestimmten Ort und ändert sich daher mit der Entfernung vom Bebenherd und der Bodenbeschaffenheit. Am häufigsten wird eine 12-stufige Skala in römischen Ziffern verwendet, die sogenannte modifizierte Mercalli-Skala. Ab Intensitäten von V bis VI treten erste leichte Gebäudeschäden auf, bei Intensitäten ab IX stürzen herkömmlich gebaute Häuser ein und Hänge rutschen ab.

Starkbeben mit Todesopfern und Schäden an zahlreichen Häusern hat es in der Schweiz seit dem Hochmittelalter verschiedentlich gegeben. Höhepunkt war das grosse Erdbeben von Basel im Jahr 1356, das im stark zerstörten Stadtzentrum die Intensität IX erreicht haben dürfte. Im Vispertal wurde 1855 die Intensität VIII erreicht, ebenso 1946 in Sierre im Rhonetal.

Künstlerische Darstellung des schweren Erdbebens von Basel im Jahr 1356. Aus der Basler Chronik von Christian Wurstisen, 1580.





Erdbebenschutz als Daueraufgabe: geotechnische Bodenanalyse in einem Schweizer Kernkraftwerk.
Bild: KKG

Weitere Informationen zum Thema:

swissnuclear, Erläuterungen zum Projekt «Pegasos» und zur Verfeinerungsstudie PRP: www.swissnuclear.ch, Link «Themen» → «Erdbebensicherheit»

Schweizerischer Erdbebendienst (SED) an der ETH Zürich: www.seismo.ethz.ch

swissnuclear
Postfach 1663
4601 Olten
Telefon 062 205 20 10
info@swissnuclear.ch
www.swissnuclear.ch

Nuklearforum Schweiz
Frohburgstrasse 20
4600 Olten
Telefon 031 560 36 50
info@nuklearforum.ch
www.nuklearforum.ch

In allen Kernkraftwerken sind Geräte zur Registrierung von Erdbeben installiert. Überschreitet ein Beben sicherheitsrelevante Grenzwerte, wird der Reaktor abgeschaltet und die Anlage auf Schäden überprüft, bevor sie wieder den Betrieb aufnimmt.

Vorsichtige Berechnungen der Ingenieure

Bei ihren Kalkulationen zur Erdbebensicherheit von Gebäuden rechnen die Ingenieure konservativ, das heisst mit zusätzlichen Sicherheitsmargen. Als Ergebnis sind Kernanlagen in der Praxis noch widerstandsfähiger als auf dem Papier theoretisch berechnet.

Obschon in Kernkraftwerken in klassischen Erdbebengebieten wie Japan oder Kalifornien auch schon Beschleunigungen jenseits der berechneten Belastungsgrenzen aufgetreten sind, haben die Erschütterungen alleine noch nie zu signifikanten Schäden und unzulässigen Freisetzungen radioaktiver Stoffe geführt. Die konservativen Vorkehrungen bzw. die zusätzlich eingerechneten Sicherheitsmargen bei Planung und Bau haben sich bewährt. So konnten auch im Kernkraftwerk Fukushima-Daiichi unmittelbar nach dem schweren Erdbeben alle Reaktoren zunächst sicher heruntergefahren werden. Die vom Beben ausgelösten Tsunamis erreichten die Küste erst eine halbe Stunde später und zerstörten dann die Notstromversorgung der Anlage.

Einzigartige Erdbebenstudie

Wie in anderen Ländern sind auch in der Schweiz die Betreiber bestrebt, die Sicherheit ihrer Kernkraftwerke im Licht des Wissensfortschritts laufend zu überprüfen und sie gegebenenfalls zu erhöhen.

So haben die Betreiber 1999 das Forschungsprojekt «Pegasos» lanciert und es mit dem 2008 gestarteten PRP (Pegasos Refinement Project) verfeinert. Ende 2013 wurde der Schlussbericht beim Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (Ensi) eingereicht.

Das Projekt hatte zum Ziel, die Auswirkungen auch von äusserst seltenen Beben abzuschätzen, die mit einer Wahrscheinlichkeit von einmal in 10 Millionen Jahren auftreten – eine weltweit einzigartige Studie. Die Betreiber der Kernkraftwerke haben dafür 25 Mio. Franken ausgegeben.

Beruhigende Ergebnisse

Das PRP-Projektteam bestand aus international anerkannten Experten. Sie reduzierten die aus dem Projekt «Pegasos» verbliebenen Unsicherheiten deutlich.

Angewendet wurde die derzeit modernste Methodik und ein Verfahren, das insbesondere die Unabhängigkeit der Experten sicherstellt. Die Erdbebengefährdung an den Kraftwerkstandorten konnte so präziser als jemals zuvor beurteilt werden:

- Die neu ermittelten Gefährdungskurven liegen tiefer als bei der vorangegangenen «Pegasos»-Studie.
- Sie liegen auch unter den Kurven, die vom Ensi 2011 nach dem Unfall in Fukushima angefordert worden waren.
- Sie decken sich praktisch mit den 2015 publizierten Gefährdungskurven des Schweizerischen Erdbebendienstes der ETH, die schweizweit für Gebäude verwendet werden.

Das Ensi hat die von den weltweit besten Experten erarbeiteten Ergebnisse nicht vollständig akzeptiert. 2016 verfügte es eine höhere Erdbebengefährdung – höher auch als die 2015 von der ETH ermittelte Gefährdung. Die Betreiber prüfen derzeit, ob dadurch Nachrüstungen nötig werden.