

Sicherheit von Kernkraftwerken

Bei der Kernspaltung bilden sich im Reaktor ein Vielzahl Elemente unterschiedlicher radioaktiver Charakteristika. Damit diese Stoffe im Reaktor verbleiben und nicht entweichen, gibt es verschiedene **Sicherheitsbarrieren**. Der Brennstoff ist in Brennstäben eingebunden, die aus einem gasdicht verschweißten Metallrohr bestehen. Die Brennstäbe werden zu Brennelementen zusammengefasst und bilden den Reaktorkern, welcher sich im Reaktordruckbehälter, einem Stahlbehälter, durch den heißes und unter hohem Druck stehendes Kühlmittel zur Abfuhr der erzeugten Wärmeleistung gepumpt wird, befindet. Dieser Druckbehälter ist von einer Stahlhülle, dem so genannten Sicherheitsbehälter, umschlossen. Im Störfall soll dieser den Austritt radioaktiver Stoffe an die Umgebung verhindern. Der Sicherheitsbehälter ist wiederum durch die meist kuppelförmige Betonhülle des Reaktorgebäudes für äußere Einflüsse geschützt. Um den Druck im Reaktordruckbehälter bei einem Störfall nach oben zu begrenzen, sind zwei voneinander unabhängige Sicherheitsventile vorhanden. Die Druckbegrenzung verhindert dabei ein Bersten von Rohrleitungen oder dem Reaktor.

Damit der Reaktor jederzeit sicher abgeschaltet werden kann und in einen so genannten unterkritischen Zustand gebracht werden kann, sind **Steuerstäbe** vorhanden, die zur Reaktorabschaltung vollständig in den Reaktorkern eingebracht werden, um einen weiteren Ablauf der Kettenreaktion zu bremsen. Ein grundlegendes Sicherheitsproblem von Kernkraftwerken liegt darin, dass auch nach dem Abschalten des Reaktors die Kettenreaktion in dessen Kern nicht abrupt gestoppt werden kann und weiter erhebliche Wärme durch den Zerfall entstandener Spaltprodukte entsteht. Um eine

Kernschmelze

zu verhindern, muss der Brennstoff daher ununterbrochen weiter gekühlt werden. Für die Kühlung und die Aufrechterhaltung des Sicherheitssystems benötigt ein Kernkraftwerk kontinuierlich Strom. Dieses bezieht es aus dem Stromnetz oder aus seiner autarken

Notstromversorgung

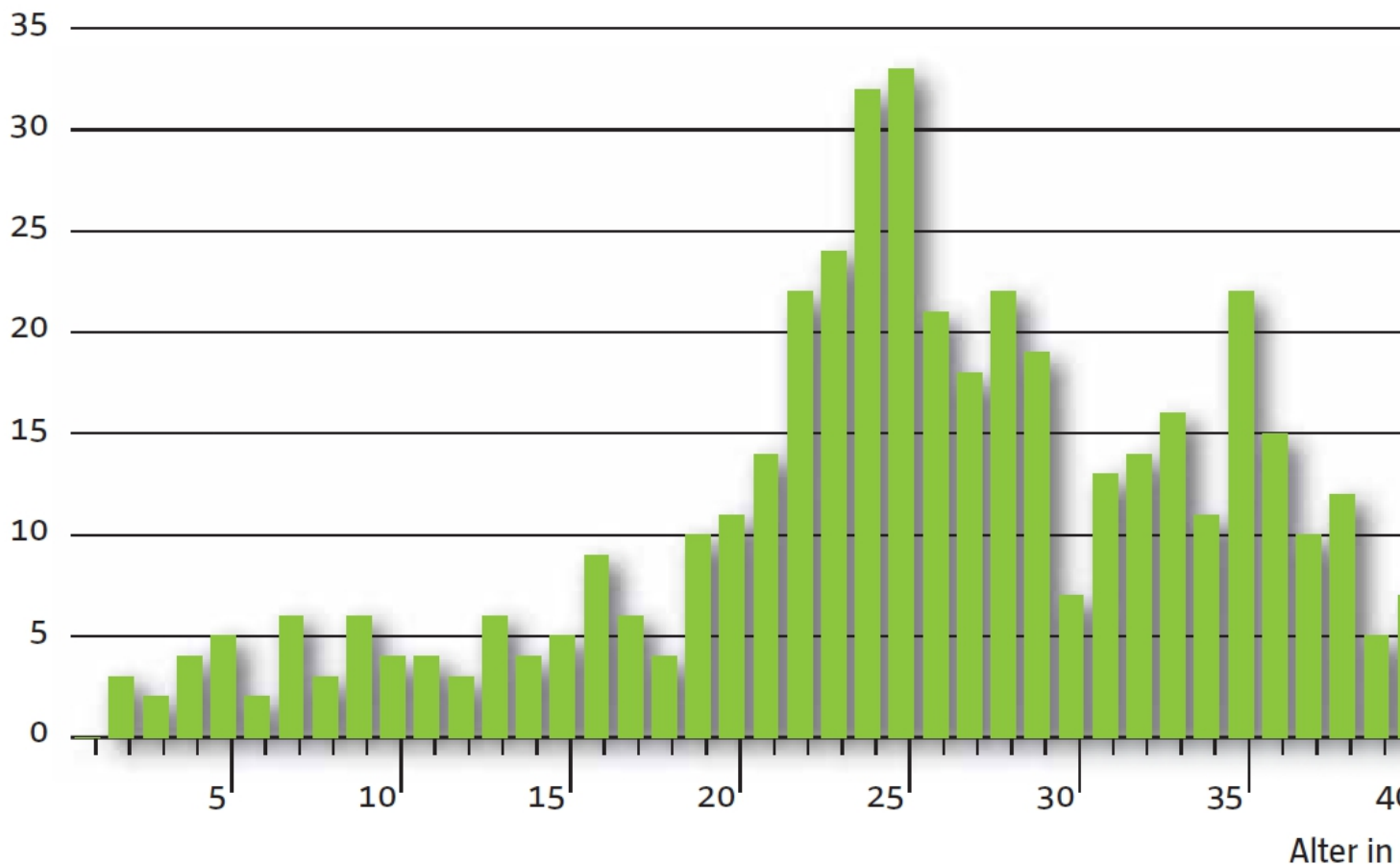
durch Diesellaggregate und Batteriepufferungen. Wird die Wärmemenge nicht abgeführt, kann sich der Reaktorkern so weit erhitzen, dass der Brennstoff mit den umgebenden Metallstrukturen verschmilzt. Durch die bis zu 3.000 °C heiße Kernschmelze kann auch die Reaktorhülle beschädigt werden und radioaktives Material in die Umwelt entweichen. Wird dies nicht gewährleistet und die Kühlung des Reaktors unterbrochen kann es zu folgenschweren Unfällen wie im

[Kernkraftwerk Fukushima](#)

in Japan kommen.

Insgesamt weisen Kernkraftwerke eine sehr komplexe Sicherheitstechnik auf. Diese Komplexität führt folglich aber auch zu einer erhöhten Anfälligkeit für Störungen und Fehler ist.

Anzahl Anlagen



Die **Sicherheitsstandards** von Kernkraftwerken hängen vom Stand der Forschung und Entwicklung ab und sind somit trotz Nachrüstung von Sicherheitsvorrichtungen für neue Kernkraftwerke wesentlich höher als für die älteren Baujahre. Aus Abbildung 9 wird ersichtlich, dass der Großteil der weltweit betriebenen Reaktoren allerdings schon in den 1970er und 1980er Jahren fertig gestellt wurde. Das **Durchschnittsalter der**

Reaktoren beträgt etwas über 25 Jahre, wobei nur 35 Anlagen jünger als zehn Jahre sind und neun Reaktoren sogar schon eine Betriebsdauer von über 40 Jahren aufweisen.

Seit den Anfängen der energetischen Kernenergienutzung wurden etwa 120 Kraftwerke altersbedingt abgeschaltet deren durchschnittliches Alter bei rund 21 Jahren lag [2]. Die heutigen Kernkraftwerke laufen also im Durchschnitt jetzt schon länger als ältere Kernkraftwerksgenerationen. Aus der bisherigen Erfahrung ist es nur sehr schwer abzuschätzen, welches Betriebsalter die Reaktoren aus technischer und sicherheitsrelevanter Sicht nicht überschreiten sollten. Sicher ist jedoch, dass selbst durch Nachrüsten älterer Kernkraftwerke allein aus technischen und ökonomischen Gründen nicht die Sicherheitsanforderungen erfüllt werden können, welche heutige moderne Anlagen bieten. Ein längerer Betrieb kann daher zu zusätzlichen Sicherheitsrisiken führen. Nichtsdestotrotz ist es in jedem Fall notwendig, Reaktoren kontinuierlich nachzurüsten und an den Stand der Technik anzupassen. Trotz aller Weiterentwicklungen ist das Erreichen einer absoluten Sicherheit von Kernkraftwerken undenkbar, da vor allem die Schnittstelle zwischen Mensch und Technik ein Risikofaktor darstellt.

Ausbau der Kernenergienutzung

Die Anzahl der Kernkraftwerke stieg bis Ende der 1980er Jahre stetig an und ist ab diesem Zeitpunkt nahezu konstant bei circa 400 Kernreaktoren, die in Betrieb sind. Das Jahr 2008 war seit den 1960er das erste Jahr, in dem weltweit kein neues Kernkraftwerk in Betrieb genommen wurde. Auf der [Seite von World Nuclear](#) ist dargestellt welches Land wie viele Kernkraftwerke in Betrieb hat und welcher Anteil das an deren Stromversorgung ausmacht. Aktuell (Stand April 2011) sind demnach **weltweit 440 Reaktoren in**

Betrieb und 64 im Bau

. Auf der

[Seite der IAEA](#)

ist aufgelistet, welche Kernkraftwerke neu an das Netz gehen und welche abgeschaltet werden. Vor allem in

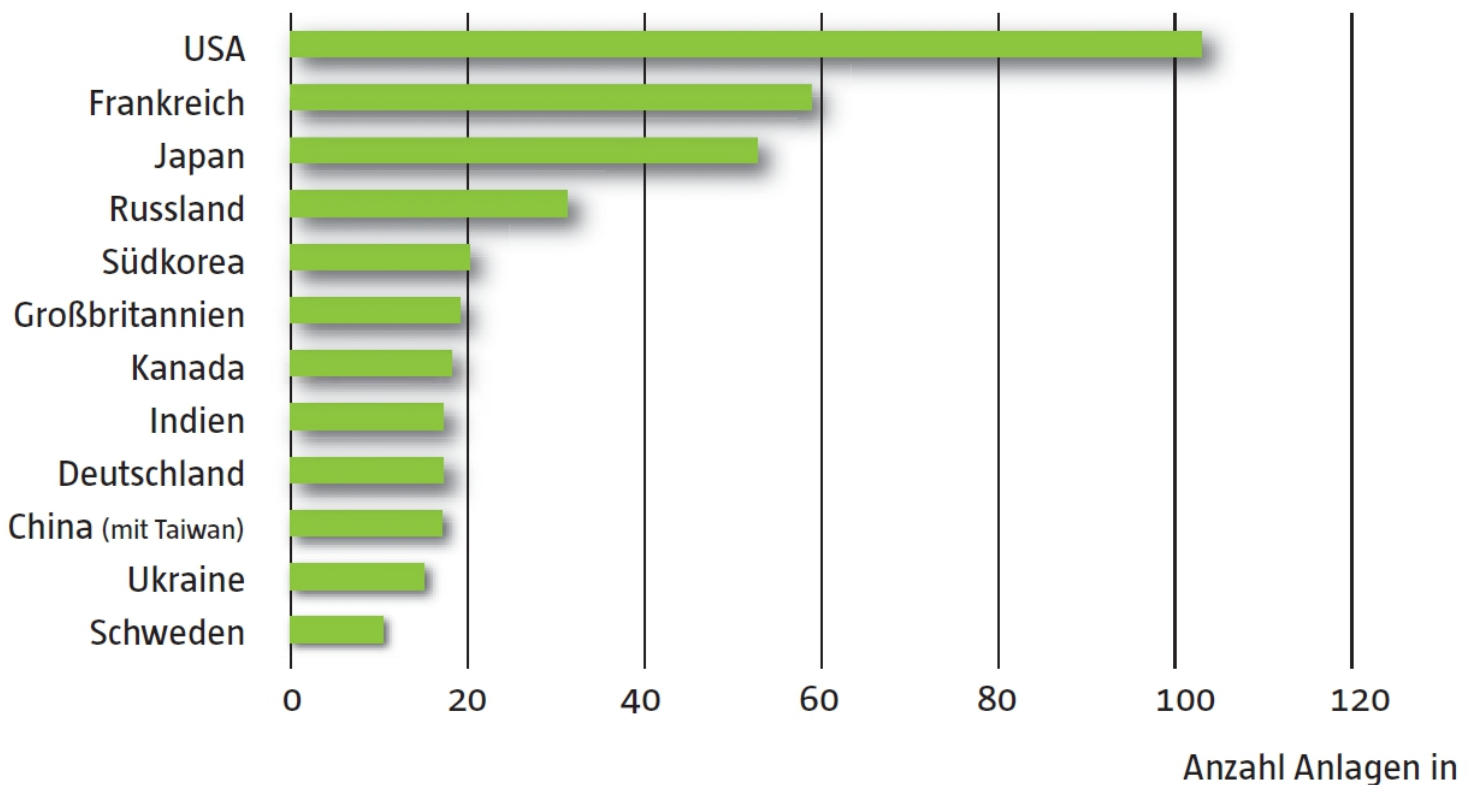
China, Indien, Japan und Korea

wird der Ausbau der Kernkraftwerke voran getrieben. In Abbildung 10 sind die 12 Länder mit den meisten Kernkraftwerken aufgelistet.

Wie die weitere Entwicklung des Ausbaus der Kernenergienutzung nach dem Super-GAU von

[Fukushima](#)

voran geht, bleibt zunächst fraglich (Stand Mai 2011). Japan hat zunächst einen Stopp des Kernenergieausbaus angekündigt und einen Ausbau der Erneuerbaren Energien versprochen [14]. Deutschland hat -ob politischer Schachzug oder nicht – die sieben ältesten Kernkraftwerke vorerst vom Netz genommen. Selbst China hat beschlossen seine ambitionierten Ausbaupläne vorerst auf Eis zu legen (Stand: März 2011) [15].



Vor dem Reaktorunfall in Fukushima nahm die Anzahl der **Ankündigungen zum Bau neuer Kernkraftwerke** immer weiter zu,

die Anzahl der Neubauten jedoch stagniert. Grund hierfür sind die **sehr hohen Investitionskosten**

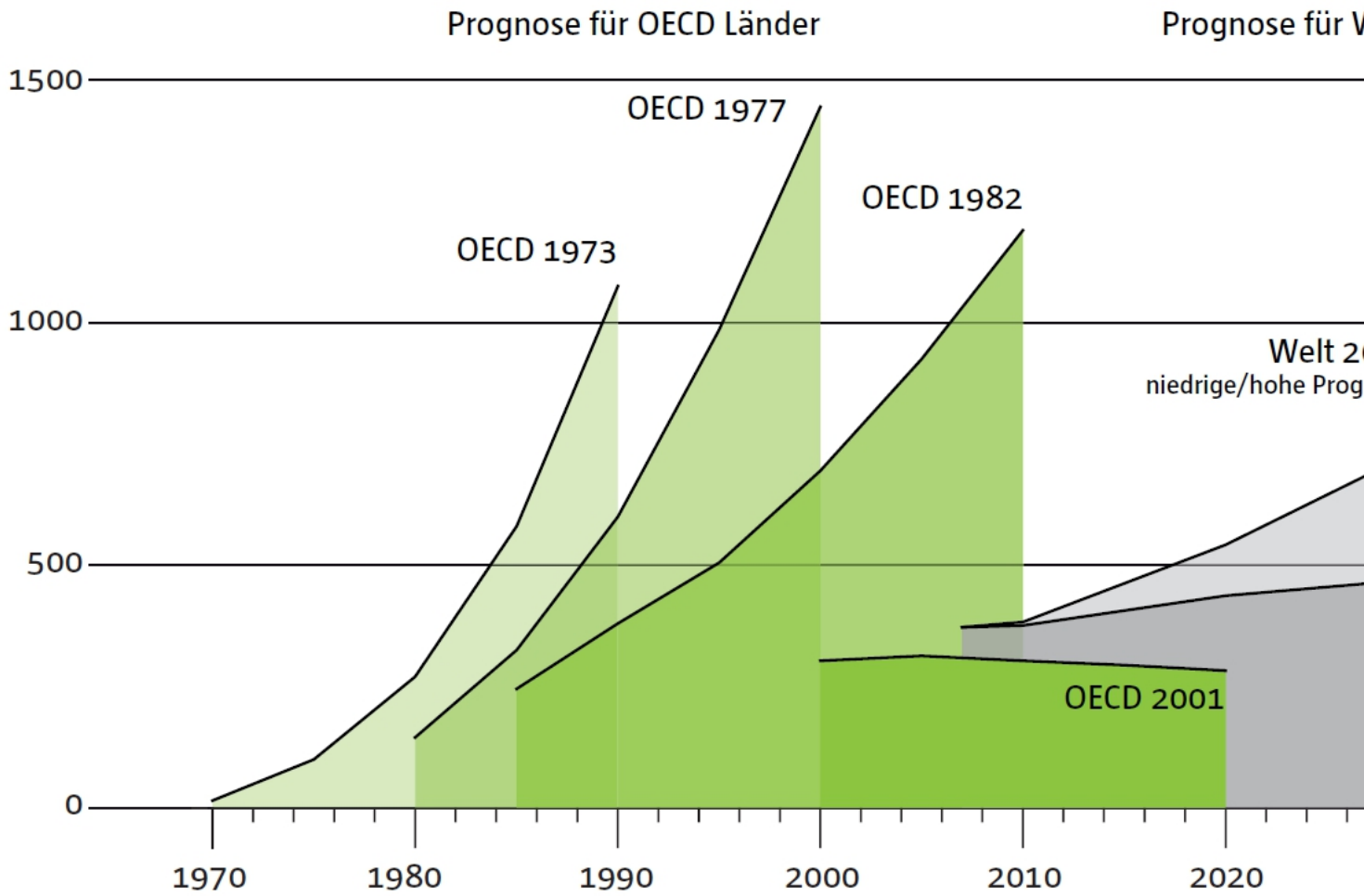
für den Neubau von Kernkraftwerken. Der Bau von 2 neuen Reaktoren in Darlington kostete über 7000 US-\$ pro Kilowatt installierter Leistung [16]. Somit ist ein Neubau nur sinnvoll, wenn den Investoren gegenüber staatliche Subventionen oder Sicherheiten zugesichert werden. In Großbritannien erwägt die Regierung, die geplanten Kernkraftwerke nicht mehr wie bisher durch Subventionen zu finanzieren, sondern die Stromverbraucher dafür mit einer Energiesondersteuer zu belasten. Den privaten Haushalten würden dadurch Mehrkosten von durchschnittlich 49€ entstehen [17].

Insgesamt ist eine **Vorhersage des Ausbaus der Kernenergie sehr schwierig** bzw. sogar gewagt und wurde vor allem von den Instituten der Kernenergiebefürworter immer wieder überschätzt, was in den verschiedenen Prognosen in Abbildung 11 ersichtlich wird. Vor allem nach den Zwischenfall in

[Fukushima](#)

wird die Nutzung und vor allem der Ausbau der Kernenergie in vielen Staaten überdacht.

Mehrere hundert Kernkraftwerke müssten in den nächsten zwei Jahrzehnten ersetzt werden, um überhaupt das heutige Niveau der Kernenergie aufrecht zu erhalten, da viele noch laufende Kernkraftwerke noch aus den 1970ern stammen.



Quellen:

[1] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) 2009: Energierohstoffe ([Link](#))

[2] Ökoinstitut 2009: Streitpunkt Kernenergie, ([Link](#))

[3] NEA/OECD – IAEA (Nuclear Energy Agency – International Atomic Energy Agency) 2008: Uranium 2007: Resources, Production and Demand

[4] European Supply Agency (ESA) 2008: Annual Report 2007

[5] World Nuclear Association (WNA) 2008: www.world-nuclear.org

[6] International Atomic Energy Agency (IAEA) 2008: International Status and Prospects of Nuclear Power

[7] Nucleonics Week, Jahrgänge 2008 und 2009

[8] Energiewirtschaftliches Institut der Universität zu Köln (EWI) 2005: Energy Environment Forecast Analysis (EEFA) 2005: Ökonomische Auswirkungen alternativer Laufzeiten von Kernkraftwerken in Deutschland. Gutachten für den Bundesverband der deutschen Industrie e. V. (BDI)

[9] <http://www.rwe.com/web/cms/de/17200/rwe-power-ag/standorte/kkw-muelheim-kaerlich/>
(14.05.2011)

[10] <http://www.vdi-nachrichten.com/artikel/Kernreaktoren-in-Portionshaeppchen-zerlegt/41589/1>
(14.05.2011)

[11] <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/versicherung-der-kernkraft-mal-die-betreiber-zahlen-lassen-1.1074008> (05.05.2011)

[12] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) 2007: Abschlussbericht zum Vorhaben „Fachgespräch zur Bestandsaufnahme und methodischen Bewertung vorliegender Ansätze zur Quantifizierung der Förderung erneuerbarer Energien im Vergleich zur Förderung der Atomenergie in Deutschland“

[13] International Atomic Energy Agency (IAEA), Power Reactor Information System (PRIS) 2009: www.iaea.or.at/programmes/a2

[14] <http://www.welt.de/wirtschaft/article13363213/Japan-stoppt-den-Ausbau-der-Atomenergie.html> (12.05.2011)

[15] http://www.n24.de/news/newsitem_6736050.html (13.05.2011)

[16] <http://www.thestar.com/comment/columnists/article/665644> (14.05.2011)

[17] <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/0,1518,655950,00.html> (10.05.2011)

[18] International Panel on Fissile Materials (IPFM) 2009: www.fissilematerials.org

[19] AG Energiebilanzen: Jahresbericht 2008 ([Link](#))

[20] Greenpeace 2010: Staatliche Förderungen der Atomenergie ([Link](#))

[21] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bundesarchiv_Bild_183-1990-1109-004,_Th%C3%BCringen,_Abraumhalten,_Uranbergbau.jpg&filetimestamp=20081204102616 (14.05.2011)

[22] <http://www.radon-info.de/shtml/schneeberg.shtml> (15.05.2011)

[23] <http://www.bfs.de/de/bfs/forschung/Wismut/wismut.html> (09.05.2011)

[24] Gerstner, E. 2009: Nuclear energy: The hybrid returns, Nature. 460, S. 25 (doi:10.1038/460025a)

[25] <http://www.taz.de/1/leben/medien/artikel/1/und-staendig-waechst-der-abfallberg/> (08.05.2011)

[26] Earthquake Report ([Link](#))

[27] <http://english.kyodonews.jp/news/2011/03/82231.html> (05.05.2011)

[28] <http://www.gallup.com.pk/JapanSurvey2011/PressReleaseJapan.pdf> (12.05.2011)

[29] [San Jose](#) , Creative Commons Lizenz, 12.05.2011

Beitrag erstellt von Christoph Schünemann (Mai 2011)