

Funktionsweise und Reaktortypen

Kernkraftwerke (**KKW**), oder auch häufig Atomkraftwerke (**AKW**) genannt, sind Wärmekraftwerke die aus Energie kontrollierter Kernspaltungen elektrische Energie bzw. Strom gewinnen. Hierfür werden schwere Atomkerne, vorwiegend Urankerne gespalten, wobei die Bindungsenergie in den gespaltenen Kernen größer ist als im Ausgangskern. Diese frei gewordene Energie wird auf Neutronen, die Teil dieses radioaktiven Zerfalls sind, abgegeben, welche für die folgende gesteuerte Kettenreaktion im Moderatormaterial abgebremst werden müssen. Dieses erhitzt sich dadurch so stark, dass es durch einen Wasserkreislauf gekühlt werden muss, damit der Reaktorkern nicht schmilzt. Das Wasser wird dabei so stark erwärmt, dass es verdampft und analog zum Kohlekraftwerk eine Dampfturbine antreibt, die wiederum über einen Generator Strom erzeugt. Bezogen auf den Energiegehalt des im Brennstab enthaltenen ²³⁵U beträgt der Wirkungsgrad eines Kernkraftwerks etwa 30 bis 40%.

In Kernkraftwerken werden unterschiedliche Reaktortypen eingesetzt, die sich vor allem durch die verwendeten Kernbrennstoffe, Kühlsysteme und Moderatoren unterscheiden. Bei **Druckwasserreaktoren**

(DWR) steht der primäre Kühlkreislauf unter hohem Druck, damit das Kühlwasser beim Durchgang durch den Reaktorkern nicht siedet. Die Wärme wird an einen sekundären Kühlkreislauf abgegeben, in dem der Dampf erzeugt wird, der die Turbinen antreibt. Abbildung 7 zeigt eine Prinzipskizze von diesem Reaktortyp. Bei

Siedewasserreaktoren

(SWR) verdampft dagegen das Kühlmittel bereits im Reaktorkern und treibt die Turbine direkt an. Somit ist beim Druckwasserreaktortyp der Dampfturbinenkreislauf hermetisch vom nuklearen System getrennt. Bei Siedewasserreaktoren hingegen ist auch das durch die Dampfturbine fließende Wasser radioaktiv und gehört damit ebenfalls zum Kontrollbereich des Kernkraftwerks. Beide Reaktortypen gehören zur Kategorie der so genannten

Leichtwasserreaktoren

, die den größten Anteil heutzutage verwendeter Reaktoren darstellen. Diese sind danach bezeichnet, dass sowohl für die Wärmeabfuhr, also dem Kühlkreislauf, als auch für die Abbremsung der Neutronen (Moderator) im Reaktorkern normales Wasser (Leichtwasser) verwendet wird. Alle in Deutschland laufenden Reaktoren gehören diesem Anlagen-Typ an. Ihr Kernbrennstoff ist entweder reines Uranoxid oder Uran-Plutonium-Mischoxid (MOX), wobei der

Anreicherungsgrad

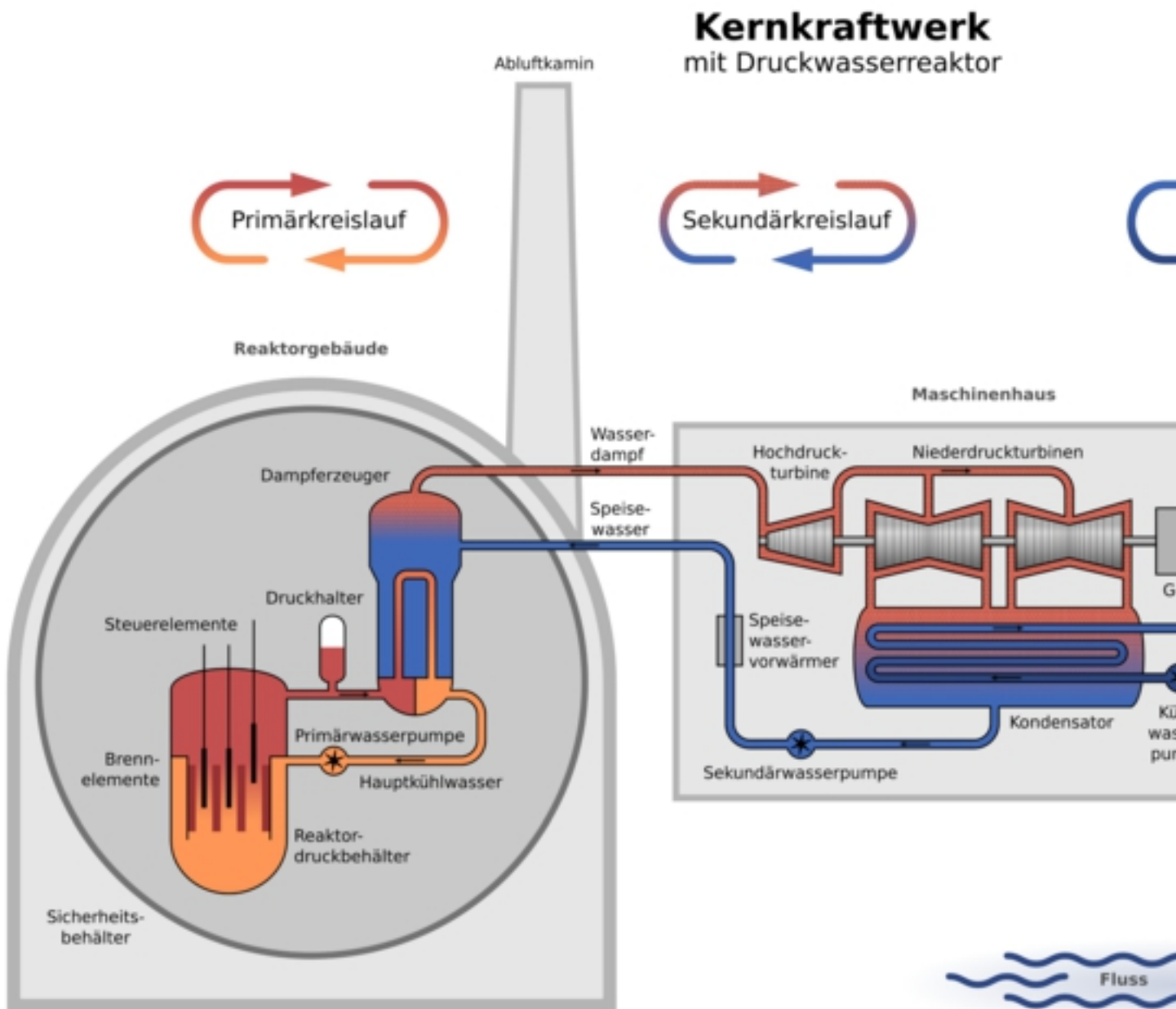
des Urans etwa

3 bis 4 Prozent

betragen muss. Andere Reaktortypen wie Schwerwasserreaktoren oder auch gasgekühlte und

graphitmoderierte Reaktoren spielen nur eine sehr untergeordnete Rolle. Bei den Schwerwasserreaktoren wird schweres Wasser verwendet, was zu einer geringeren Abbremsung der Neutronen führt. Eine prägnante Beschreibung dieses Reaktortyps finden sie [hier](#)

Die Leistung der einzelnen Reaktorblöcke ist in den letzten Jahrzehnten von einigen hundert Megawatt auf bis zu 1.600 Megawatt (Europäischer Druckwasser Reaktor) angestiegen. Die durchschnittliche Leistung der heute laufenden Reaktoren liegt bei etwa ca 850 Megawatt [2].



Die angereicherten **Brennelemente** bleiben üblicherweise 3 Jahre lang im Reaktor. Hierbei entsteht Plutonium, was wiederum als Kernbrennstoff eingesetzt werden kann. Durch die Nutzung des Plutoniums lässt sich die Energiemenge, die aus einem Kilogramm Natururan gewinnbar ist, erheblich steigern. Hierzu müssen die Brennelemente wieder aufbereitet werden, wobei die Spaltprodukte und das noch nicht verbrauchte Uran abgetrennt werden. Die entstehenden Mischoxidbrennelemente (MOX) sind ein Gemisch aus Uranoxid und Plutoniumoxid. Ohne Wiederaufbereitung der abgebrannten Brennelemente kann ein Kernkraftwerk aus einem Kilogramm Natur-Uran je nach Reaktortyp und Brennstoffkreislauf 36–56 MWh Strom erzeugen.

Kernkraftwerke als Regelkraftwerke?

Neue Kernkraftwerke sind sehr teuer im Neubau, jedoch sind die laufenden Kosten im Betrieb sehr gering. Somit ist es aus betriebswirtschaftlichen Gründen sinnvoll ein Kernkraftwerk durchgehend mit Maximalleistung als sogenanntes Grundlastkraftwerk zu betreiben. Das Stromnetz hingegen wird jedoch immer flexibler, was nicht zuletzt in der fluktuierenden Einspeisung der erneuerbaren Energien begründet ist. Daher müssen sich Kernkraftwerke mehr als früher an der Lastregelung beteiligen und teilweise als Regelkraftwerk fungieren. Die Nennleistung eines Kernkraftwerkes kann im Normalbetrieb im Bereich von **100% bis 50%** gefahren werden mit Geschwindigkeiten von ca. 4 bis 5 Prozent der Nennleistung pro Minute. Die hauptsächliche Regelung der Leistung übernimmt der Generator. Bei starker Leistungsreduktion über Dampfparameter kann es zur lokalen

Überhitzung der Brennelemente

im Reaktor mit folgender Materialversprödung oder Rissbildung kommen. Eine Leistungsreduktion durch Steuerstäbe kann zu einem

ungleichmäßigen Abbrand

der Brennelemente führen. Dies würde die Betriebskosten erhöhen, weshalb die Betreiber eine stärkere Drosselung der Leistung möglichst vermeiden wollen. Kernkraftwerke sind also relativ gut regelbar, jedoch ist ein Neubau eines Kernkraftwerks als Regelkraftwerk nicht sinnvoll, da hierfür die Investitionen in den Bau sehr hoch sind. Bei einem

Gaskraftwerk

hingegen ist dies genau umgekehrt: Die Baukosten sind relativ niedrig und die Brennstoffkosten, also laufenden Kosten, vergleichsweise hoch. Somit macht ein Betrieb eines Gaskraftwerks im Regelbetrieb wesentlich mehr Sinn als bei einem Kernkraftwerk.

Kernkraftwerke der Generation IV

Im Jahr 2000 haben sich einige Staaten darauf geeinigt gemeinsam die Entwicklung neuer Nuklearanlagen, der so genannten Generation IV, voranzutreiben. Diese Reaktoren der Generation IV sollen im Vergleich zu heutigen Anlagen grundlegende Verbesserungen zu den Themen Sicherheit, Entsorgung und Proliferation bieten und sollten planmäßig schon seit vielen Jahren auf dem Markt erhältlich sein. Bei der Weiterentwicklung konzentrieren sich die Teilnehmer auf sechs wesentliche Reaktorkonzepte, wobei sich einzelne Staaten jeweils nur auf eines oder wenige der Konzepte konzentrieren. Bei ersten Realisierungen, wie zum Beispiel der Bau eines **Prototypen in Südafrika**, müssen die Zeitpläne jedoch immer wieder drastisch korrigiert werden. Er befindet sich seit 1998 in Entwicklung und sollte 2003 in Betrieb gehen. Die Gutachten zur Umweltverträglichkeit und zunehmende Finanzierungsschwierigkeiten verhinderten jedoch eine Fertigstellung bis zum heutigen Zeitpunkt (Mai 2011). Generell treten die eigentlichen Probleme meist erst beim Design oder Bau der Reaktoren aufgrund von technischer und ökonomischer Limitierungen auf. Aus Sicht des Ökoinstituts werden diese Konzepte daher auch in den nächsten Jahrzehnten praktisch keine Rolle spielen [2].

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,_T_h%C3%BCrtingen,_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)

