

Kernenergie Weltreport 2011

Redaktion

Zum Jahresende 2011 standen weltweit in 31 Ländern 437 Kernkraftwerke zur Energieversorgung zur Verfügung. Dies sind 6 Anlagen weniger als zum Jahresende 2010 (443 Kernkraftwerksblöcke).

Die Gesamt-Bruttoleistung der Anlagen betrug rund 389.367 MWe bzw. die Gesamt-Nettoleistung 369.371 MWe und nahm somit ab (Vorjahr: brutto: 396.118 MWe, netto: 375.947 MWe).

Neu in Betrieb genommen wurden im Jahr 2011 7 Anlagen; 3 in China und jeweils eine im Iran, in Korea, Pakistan und Russland.

Den Betrieb endgültig eingestellt haben in 2011 weltweit insgesamt 13 Anlagen; 8 in Deutschland, eine in Großbritannien sowie 4 durch die Folgen des Tsunamis vom 11. März 2011 schwer beschädigte Kernkraftwerksblöcke in Japan

63 Kernkraftwerksblöcke mit einer Gesamt-Bruttoleistung von rund 64.706 MWe bzw. Gesamt-Nettoleistung von 60.641 MWe waren in 14 Ländern in Bau.

Weltweit befinden sich rund weitere 90 Kernkraftwerksneubauten in der konkreten Projektierungs-, Planungs- bzw. Genehmigungsphase, zum Teil schon mit gestelltem Genehmigungsantrag oder erfolgter Auftragsvergabe. Etwa 120 zusätzliche Kernkraftwerksprojekte werden darüber hinaus mit unterschiedlichem Planungsstand genannt.

Die Netto-Stromerzeugung in Kernkraftwerken erreichte in 2011 weltweit mit rund 2.497,1 Mrd. kWh ein deutlich niedrigeres Ergebnis als im Vorjahr mit 2.627,5 Mrd. kWh. Ursache waren die Außerbetriebnahmen in Deutschland sowie Stillstände von japanischen Anlagen. Seit der ersten Stromerzeugung in einem Kernkraftwerk am 20. Dezember 1951 im Natrium gekühlten Schnellen Brutreaktor EBR-I (USA) sind damit kumuliert netto rd. 65.600 Mrd. kWh erzeugt worden und die Betriebserfahrungen sind auf rund 14.750 Reaktorjahre angewachsen.

Ende vergangenen Jahres 2011 waren weltweit 437 Kernkraftwerksblöcke in 31 Ländern in Betrieb*. Dies sind 6 Blöcke weniger als am Vorjahresstichtag (2010: 443. Im Weiteren in Klammern jeweils Angabe der Werte zum 31. Dezember 2010) (vgl. Abbildung 1). In 14 (15) Ländern befanden sich 63 (64) Kernkraftwerksblöcke, also einer weniger als am Vorjahresstichtag, in der Errichtung. Die verfügbare Gesamt-Bruttoleistung^{1) der im nuklearen Betrieb befindlichen Anlagen betrug 389.367 MWe (396.118 MWe) bzw. die Gesamt-Nettoleistung 369.371 MWe (375.947 MWe). Dies entspricht einer Abnahme um 6.751 MWe brutto bzw. 6.566 MWe netto, d.h. rund 2 %. Die zusätzliche Leistung resultiert aus den Neuinbetriebnahmen und, wie in den Vorjahren auch, aus Leistungserhöhungen bzw. neu festgelegten Nennleistungen bei in Betrieb befindlichen Anlagen (vgl. Tabelle 1 und Abbildung 1 bis 3).}

Im vergangenen Jahr 2011 erreichten 7 Kernkraftwerke **Erstkritikalität** (first criticality), wurden erstmals mit dem **Netz synchronisiert** (grid connection) sowie **kommerziell in Betrieb genommen** (commercial operation). Den Betrieb neu aufgenommen haben die Kernkraftwerksblöcke *Lingao II-2* (Druckwasserreaktor, DWR, mit 1.087 MWe Brutto- und 1.000 MWe Nettoleistung), *Qinshan II-4* (DWR, mit 643 MWe Brutto- und 610 MWe Nettoleistung) und der *China Experimental Fast Reactor – CEFR*

in China. Der *CEFR* war bislang, d.h. seit Baubeginn im Jahr 2000, nicht in dieser Statistik erfasst, da seitens des Betreibers erst aktuell mitgeteilt wurde, dass die experimentelle prototypische Schnelle Reaktoranlage auch mit einem Turbosatz von 25 MWe Brutto- bzw. 20 MWe Nettoleistung ausgerüstet wurde. Im Iran ging *Bushar I* (DWR mit 1.000 MWe Brutto- und 915 MWe Nettoleistung) in Betrieb, in Pakistan *Chasnupp 2* (DWR mit 323 MWe Brutto- und 300 MWe Nettoleistung) und in Russland *Kalinin 4* (WWER-DWR mit 1.000 MWe Brutto- und 953 MWe Nettoleistung). In der Republik Korea erreichte der DWR-Block *Shin Kori 2* (DWR mit 1.000 MWe Brutto- und 960 MWe Nettoleistung) Erstkritikalität.

Endgültig **außer Betrieb** genommen wurden in 2011 weltweit 13 Kernkraftwerksblöcke. In Großbritannien stellte im 43. Betriebsjahr der Gas-Grafit-Reaktor *Oldbury 2* (230 MWe Brutto-, 217 MWe Nettoleistung) planmäßig endgültig den Leistungsbetrieb ein. Damit sind weltweit weiterhin nur noch in Großbritannien Reaktoren dieses Typs an den Standorten *Oldbury* (1 Block) und *Wylfa* (2 Blöcke) in Betrieb. Diese sollen im Laufe der nächsten Jahre, angepasst an den Strombedarf Großbritanniens und die Betriebsergebnisse der Anlagen, stillgelegt werden. Gas-Grafit-Reaktoren waren eine Reaktorlinie der frühen Kernkraftwerkentwicklungen. Sie haben sich im Vergleich zu den Leichtwasserreaktoren als nicht ausreichend konkurrenzfähig erwiesen. In Deutschland mussten die 8 Kernkraftwerksblöcke *Biblis A* (DWR, 1.225 MWe Brutto- und 1.167 MWe Nettoleistung), *Biblis B* (DWR, 1.300 MWe Brutto- und 1.240 MWe Nettoleistung), *Brunsbüttel* (DWR, 806 MWe Brutto- und 771 MWe Nettoleistung), *Isar 1* (DWR, 912 MWe Brutto- und 878 MWe Nettoleistung), *Krümmel* (DWR, 1.402 MWe Brutto- und 1.346 MWe Nettoleistung), *Neckarwestheim I* (DWR, 840 MWe Brutto- und 785 MWe Nettoleistung), *Philippsburg 1* (DWR, 926 MWe Brutto- und 890 MWe Nettoleistung) und *Unterweser* (DWR, 1.410 MWe Brutto- und 1.325 MWe Nettoleistung) mit einer Gesamt-Bruttoleistung von 8.821 MWe und einer Gesamt-Nettoleistung von 8.422 MWe gemäß politischen Entscheidungen nach den Ereignissen von *Fukushima*/Japan vom 11. März 2011 erst vorläufig und folgend durch Änderung des Atomgesetzes dauerhaft ihren Leistungsbetrieb einstellen. In Japan wurden durch den Tsunami vom 11. März 2011 die Kernkraftwerksblöcke *Fukushima Daiichi 1*

¹⁾ Die Definition von Brutto- und Nettonennleistungen für Kraftwerke im Allgemeinen und Kernkraftwerke im Speziellen ist weltweit nicht einheitlich. Für einige Länder, wie z.B. Deutschland, existieren weitgehend verbindliche Begriffsdefinitionen und Kennzahlen, die nachvollziehbare Nennbedingungen berücksichtigen (bei einem Kondensationskraftwerk kann z.B. die elektrische Leistung bedingt durch höhere bzw. niedrigere Kühlwasser-Eintrittstemperaturen (Sommer, Winter) in einem Band von ca. +3 % der Nennleistung liegen).

Weiterhin sind die elektrischen Brutto- und Nettoleistungen in einzelnen Ländern nicht verbindlicher Teil der Genehmigung für die Anlage (genehmigt wird z.B. die „maximale thermische Reaktorleistung“), sodass Angaben zur Generatorleistung nicht verfügbar sind. Für z.B. die Kernkraftwerke russischer Bauart (WWER-Reaktoren, RMBK-Reaktoren) werden auch die Baulinienleistungen (WWER-440 = 440 MWe Bruttoleistung) angegeben. Die *atw* bemüht sich um eine möglichst kontinuierliche und konsistente Datenerhebung. Entsprechende Korrekturen erfolgen.

* Die *atw* listet Kernkraftwerke als „in Betrieb“ befindlich ab Erreichen der Erstkritikalität als „nukleares“ Kriterium. Andere Quellen verweisen hier auf die 1. Stromerzeugung oder die kommerzielle Inbetriebnahme. Kernkraftwerke werden nicht mehr als „in Betrieb“ befindlich gelistet, wenn für diese ein längerfristiger Betriebsstillstand, d.h. über mehrere Jahre, beschlossen wurde. Verfügt der Betreiber über eine gültige Rahmenbetriebsgenehmigung bzw. ist kein Antrag auf die endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs gestellt, wird der Betriebszustand als „Lay-up“-Betrieb gelistet (vgl. Kanada und Japan).

Land	In Betrieb			In Bau			Kernenergie Erzeugung netto* [TWh]	Anteil Gesamt-erzeugung* [%]	
	Leistung		Anzahl	Leistung		Anzahl			
	Anzahl	Brutto [MWe]		Netto [MWe]	Brutto [MWe]				Netto [MWe]
Argentinien	2	1.005	935	1	745	692	5,9	5	
Armenien	1	408	376	-	-	-	2,4	33	
Belgien	7	6.213	5.927	-	-	-	45,9	54	
Brasilien	2	2.007	1.901	1	1.300	1.245	14,8	3	
Bulgarien	[1]	2	2.000	1.906	2	2.120	2.000	15,3	33
China	[2]	16	12.617	11.842	26	29.009	26.960	82,6	2
Deutschland	[3]	9	12.696	12.068	-	-	-	102,3	18
Finnland		4	2.800	2.696	1	1.600	1.510	22,3	32
Frankreich		58	65.880	63.130	1	1.600	1.510	423,5	78
Großbritannien	[4]	18	11.677	10.735	-	-	-	62,7	18
Indien	[5]	20	4.780	4.385	7	5.300	4.916	24,3	4
Iran	[6]	1	1.000	915	-	-	-	-	-
Japan	[7]	51	46.628	44.714	2	2.760	2.650	156,2	18
Kanada		18	13.425	12.621	-	-	-	88,3	15
Republik Korea	[8]	22	20.501	19.662	5	6.200	5.900	147,8	35
Mexiko		2	1.366	1.310	-	-	-	9,3	4
Niederlande		1	515	482	-	-	-	3,9	4
Pakistan	[9]	3	787	725	2	680	630	3,8	4
Rumänien		2	1.412	1.305	-	-	-	10,8	19
Russland	[10]	33	25.242	23.676	10	8.560	8.002	162,0	18
Schweden		10	9.494	9.095	-	-	-	58,1	40
Schweiz		5	3.430	3.278	-	-	-	25,7	41
Slowakische Republik		4	1.890	1.760	2	880	816	14,3	54
Slowenien		1	727	696	-	-	-	5,9	42
Spanien		8	7.728	7.449	-	-	-	55,1	20
Südafrika		2	1.888	1.800	-	-	-	12,9	5
Taiwan		6	5.144	4.884	2	2.712	2.630	40,4	19
Tschechische Republik		6	3.936	3.731	-	-	-	26,7	33
Ukraine		15	13.818	13.090	-	-	-	68,7	48
Ungarn		4	2.000	1.889	-	-	-	14,7	42
USA		104	106.353	100.388	1	1.240	1.180	790,4	19
Summe		437	389.367	369.371	63	64.706	60.641	2.497,1	---

Tab. 1: Kernkraftwerksblöcke in Betrieb und in Bau (Stichtag 31.12.2011), nukleare Stromerzeugung und Anteil der Kernenergie an der Gesamtstromerzeugung 2011 weltweit (* teilweise vorläufige Angaben) [Quellen: Betreiberangaben, IAEA, atw]

Anmerkungen: In den vergangenen Jahren sind die genehmigten und tatsächlichen Leistungswerte von Kernkraftwerken zum Teil erheblich aufgrund von technischen Maßnahmen erhöht bzw. angepasst worden, so z.B. in Belgien, Deutschland, Finnland, Korea, Schweden, Slowenien, der Tschechischen Republik, der Slowakischen Republik, Ungarn und besonders den USA – bis zum Jahr 2016 sollen rund 8.850 MW an Nettoleistung durch Leistungserhöhungen zugewonnen werden; dies entspricht der Inbetriebnahme von etwa 8 leistungsstarken Kernkraftwerksblöcken. Entsprechende Änderungen der Brutto- bzw. Nettoleistung sind in den vorliegenden Daten mit Stand 04/2012 berücksichtigt.

Die atw listet Kernkraftwerke als „in Betrieb“ befindlich ab Erreichen der Erstkritikalität als „nukleares“ Kriterium. Andere Quellen verweisen hier auf die erste Stromerzeugung oder die kommerzielle Inbetriebnahme. Projekte werden als „in Bau“ befindlich gelistet, wenn eine Errichtungsgenehmigung vorliegt bzw. nach Aufnahme erster Bautätigkeiten ab Ausschachten der Baugrube und Gießen des „ersten Betons“. [Quellen: Betreiberangaben, IAEA]. Alle Angaben beziehen sich auf das Jahr 2011.

- [1] Bulgarien, *Belene 1* und *Belene 2* (jeweils 1.060 MWe Brutto-, 1.000 MWe Nettoleistung, WWER-DWR): Das Projekt *Belene* mit 2 Kernkraftwerksblöcken vom russischen Typ WWER lief offiziell in 2011 weiter. Optionen für die Frage nach der Projektfinanzierung wurden weiter geprüft.
- [2] China, *Lingao II-2* (1.087 MWe Brutto-, 1.000 MWe Nettoleistung, DWR) und *Qinshan II-4* (642 MWe Brutto-, 610 MWe Nettoleistung, DWR): Die beiden Kernkraftwerksblöcke haben in 2011 Erstkritikalität erreicht und wurden erstmals mit dem Netz synchronisiert. *Lingao II-2* nahm zudem den kommerziellen Betrieb auf.
China, *CEFR (China Experimental Fast Reactor)*, 25 MWe Brutto-, 20 MWe Nettoleistung): Inbetriebnahme mit 1. Stromerzeugung in 2011 der experimentellen schnellen Natrium gekühlten Reaktoranlage vom Pool-Typ nach Erstkritikalität im Juli 2010. Die Anlage mit Baubeginn 10. Mai 2000 ist neu in die Statistik aufgenommen, da der Betreiber mitgeteilt hat, dass die Anlage auch mit einem Turbosatz zum experimentellen Betrieb ausgerüstet ist.
- [3] Deutschland: Die 8 Kernkraftwerksblöcke *Biblis A*, *Biblis B*, *Brunsbüttel*, *Isar 1*, *Krömmel*, *Neckarwestheim I*, *Philippsburg 1*, *Unterweser* mit einer Gesamt-Bruttoleistung von 8.821 MWe und einer Gesamt-Nettoleistung von 8.422 MWe mussten gemäß politischen Entscheidungen nach den Ereignissen von *Fukushima*/Japan vom 11. März 2011 erst vorläufig und folgend durch Änderung des Atomgesetzes dauerhaft ihren Leistungsbetrieb einstellen.
- [4] Großbritannien, *Oldbury* (230 MWe Brutto-, 217 MWe Nettoleistung, GGR): Nach 44 Betriebsjahren stellte der Gas-Grafit-Reaktor planmäßig endgültig den Leistungsbetrieb ein. Damit sind weltweit weiterhin nur noch in Großbritannien Reaktoren dieses Typs an den Standorten *Oldbury* (1 Block) und *Wylfa* (2 Blöcke) in Betrieb. Diese sollen im Laufe der nächsten Jahre, angepasst an den Strombedarf Großbritanniens und die Betriebsergebnisse der Anlagen, stillgelegt werden. Gas-Grafit-Reaktoren waren eine Reaktorlinie der frühen Kernkraftwerkentwicklungen. Sie haben sich im Vergleich zu den Leichtwasserreaktoren als nicht ausreichend konkurrenzfähig erwiesen.
- [5] Indien, *Rajasthan 7* und *Rajasthan 8* (jeweils 700 MWe Brutto-, 630 MWe Nettoleistung, CANDU-Reaktoren indischer Auslegung): Die beiden Kernkraftwerksprojekte traten mit dem Gießen des ersten Betons im Jahr 2011 in die Bauphase. Die Inbetriebnahmen sind für das Jahr 2016 geplant.
- [6] Iran, *Bushar* (1.000 MWe Brutto-, 915 MWe Nettoleistung, WWER-DWR): Erstkritikalität und erste Netzsynchrisation. Die Kraftwerksanlage vom russischen Typ WWER wurde im teils fertiggestellten Rohbau eines von *Siemens/KWU* errichteten DWR installiert. Ursprünglich sollten von *Siemens/KWU* DWR-Reaktoren am Standort errichtet und in Betrieb genommen werden. Die Rohbauten für 2 Blöcke wurden teilweise fertiggestellt. Die iranische Revolution beendete diese Aktivitäten. Im Jahr 1995 unterzeichneten der Iran und das russische Atomministerium eine Vereinbarung zur Nutzung des Standortes mit dann russischer Technologie.
- [7] Japan, *Fukushima Daiichi 1*, *Fukushima Daiichi 2*, *Fukushima Daiichi 3*, *Fukushima Daiichi 4*: Die 4 Kernkraftwerksblöcke mit einer Gesamt-Bruttoleistung von 2.812 MWe und Gesamt-Nettoleistung von 2.720 MWe wurden nach dem Tsunami vom 11. März 2011 schwer beschädigt und Bauwerke, Einrichtungen und Anlagenkomponenten schwer und teils vollständig zerstört.
- [8] Korea, *Shin Kori 2* (1.000 MWe Brutto-, 960 MWe Nettoleistung): Der Block erreichte am 23. Dezember 2011 Erstkritikalität und befand sich in der Inbetriebnahme.
- [9] Korea, *Shin Ulchin 1* (1.400 MWe Brutto-, 1.330 MWe Nettoleistung, APR-1400 Advanced Power Reactor, DWR): Mit den Bauarbeiten des ersten Blocks am neuen Kernkraftwerksstandort *Shin Ulchin* wurde in 2011 begonnen. Geplant ist mittelfristig bis 2021 die Inbetriebnahme von insgesamt 4 Blöcken am Standort. Dies ist Teil eines Kernkraftwerks-Ausbauprogramms, das Bau und Inbetriebnahme von bis zu 20 weiteren Kernkraftwerksblöcken bis zum Jahr 2030 in der Republik Korea (Süd-Korea) vorsieht.
- [10] Pakistan, *Chasnupp 2* (325 MWe Brutto-, 300 MWe Nettoleistung, DWR): Erstkritikalität und erste Netzsynchrisation.
Chasnupp 3 und *Chasnupp 4* (340 MWe Brutto-, 315 MWe Nettoleistung, DWR): Baubeginn in 2011.
- [10] Russland, *Kalinin 4* (1.000 MWe Brutto-, 953 MWe Nettoleistung, WWER-DWR): Erstkritikalität und erste Netzsynchrisation.
Russland, *Baltic 1* (Kaliningrad) (1.170 MWe Brutto-, 1.080 MWe Nettoleistung, WWER-DWR) Standort: *Enklave Kaliningrad*. Geplant ist für den Standort aktuell die Errichtung von mindestens 2 Blöcken.

Anlagenname	Land	Reaktortyp	Bruttoleistung [MWe]	Nettoleistung [MWe]	Betreiber	Konstrukteur Lieferant	Baubeginn Erstkritikalität Betrieb
1. Kritikalität, 1. Netzsynchrisation sowie Aufnahme des kommerziellen Betriebs in 2011							Baubeginn
Lingao II-2	China	DWR	1.087	1.000	LNPC	CNNC	2006
1. Kritikalität und 1. Netzsynchrisation in 2011							Baubeginn
Qinshan II-4	China	DWR	642	610	NPPQJVC	CNNC	2006
CEFR) ²	China	SNR	25	20	CNNC	CNNC	2000
Bushar 1	Iran	WWER-DWR	1.000	915	NPPD	AEP	2003 (1975)
Chasnupp 2	Pakistan	DWR	325	300	PAEC	PAEC	2005
Kalinin 4	Russland	WWER-DWR	1.000	953	Rosatom	Rosatom	2006 (1987)
1. Kritikalität in 2011							Baubeginn
Shin Kori 2	Republik Korea	DWR	1.000	960	KHNPC	KHNPC	2007
Aufnahme von Bautätigkeiten/Grundsteinlegung (erster Beton) in 2011 (bzw. datiert auf 2011)							Baubeginn
Rajasthan 7	Indien	Candu) ¹	700	630	NPCIL	NPCIL	2011
Rajasthan 8	Indien	Candu) ¹	700	630	NPCIL	NPCIL	2011
Shin Ulchin 1	Republik Korea	DWR	1.400	1.330	KHNPC	KHNPC	2011
Chasnupp 3	Pakistan	DWR	340	315	PAEC	PAEC	2011
Chasnupp 4	Pakistan	DWR	340	315	PAEC	PAEC	2011
Baltic 1	Russland	WWER-DWR	1.170	1.080	Rosatom	AEP	2011
Beendigung des Leistungsbetriebs bzw. Stilllegung in 2011 (Betrieb von ... bis)							Inbetriebnahme
Biblis A	Deutschland	DWR	1.225	1.167	RWE	Siemens/KWU	1975
Biblis B	Deutschland	DWR	1.300	1.240	RWE	Siemens/KWU	1977
Brunsbüttel	Deutschland	SWR	806	771	VENE/EKK	Siemens/KWU	1976
Isar 1	Deutschland	SWR	912	878	EKK	Siemens/KWU	1979
Krömmel	Deutschland	SWR	1.402	1.346	VENE/EKK	Siemens/KWU	1984
Neckarwestheim I	Deutschland	DWR	840	785	EnBW	Siemens/KWU	1979
Philippsburg 1	Deutschland	SWR	926	890	EnBW	Siemens/KWU	1980
Unterweser	Deutschland	DWR	1.410	1.345	EKK	Siemens/KWU	1979
Oldbury 2	Großbritannien	GGR	230	217	Magnox	TNPG	1967
Fukushima Daiichi 1	Japan	SWR	460	440	TEPCO	GE	1971
Fukushima Daiichi 2	Japan	SWR	784	760	TEPCO	GE	1974
Fukushima Daiichi 3	Japan	SWR	784	760	TEPCO	Hitachi	1976
Fukushima Daiichi 4	Japan	SWR	784	760	TEPCO	Toshiba	1978

Tab. 2: Kernkraftwerksblöcke im Jahr 2011 neu in Betrieb (Erstkritikalität, erste Netzsynchrisation und Aufnahme des kommerziellen Betriebs) sowie Baubeginn (in Klammern: ursprünglicher Baubeginn bei längerfristiger Unterbrechung der Bautätigkeiten/Grundsteinlegung/Wiederaufnahme der Fertigstellung und Stilllegungen).

- 1) Indien: Das für das Nuklearprogramm des Landes zuständige *Department of Atomic Energy* hat aus der ursprünglich kanadischen Entwicklung eines CANDU-Reaktors eine eigene, indische Baureihe entwickelt.
- 2) China: *CEFR*. Die Anlage mit Baubeginn 10. Mai 2000 ist neu in die Statistik aufgenommen, da der Betreiber mitgeteilt hat, dass die Anlage auch mit einem Turbosatz zum experimentellen Betrieb ausgerüstet ist.

AEP: Atomenergoprom (Russland)
 CNNC: China National Nuclear Company (China)
 CGNPC: China Guangdong Nuclear Power Group (China)
 EKK: E.ON Kernkraft GmbH
 KHNP: Korea Hydro & Nuclear Power Co., Ltd (Republik Korea)
 KOPEC: Korean Power Engineering Company (Republik Korea)

LNPC: Lingao Nuclear Power Company Ltd (China)
 Magnox: Magnox Ltd. (Großbritannien)
 NPCIL: Nuclear Power Company of India Ltd (Indien)
 PAEC: Pakistan Atomic Energy Co.
 Rosatom: State Atomic Energy Corporation (Russland)
 VENE: Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH

(SWR, 460 MWe Brutto- und 440 MWe Nettoleistung), Fukushima Daiichi 2 (SWR, 784 MWe Brutto- und 760 MWe Nettoleistung), Fukushima Daiichi 3 (SWR, 784 MWe Brutto- und 760 MWe Nettoleistung) und Fukushima Daiichi 4 (SWR, 784 MWe Brutto- und 760 MWe Nettoleistung) schwer beschädigt und Bauwerke, Einrichtungen und Anlagenkomponenten erheblich und teils vollständig zerstört. Die 4 Kernkraftwerksblöcke hatten eine Gesamt-Bruttoleistung von 2.812 MWe und Gesamt-Nettoleistung von 2.720 MWe.

In Bau befindlich waren Ende vergangenen Jahres 2011 weltweit 63 (64)²⁾ Anlagen mit 64.706 MWe (64.023 MWe) Brutto- bzw. 60.641 MWe (60.097 MWe) Nettoleistung. Mit 7 in 2011 in Betrieb gegangenen Anlagen und 6 Neubauprojekten liegt die Anzahl der in Bau befindlichen Kernkraftwerke somit auf einem vergleichsweise hohen Niveau der vergangenen 2

²⁾ Der *CEFR* in China ist in der Angabe für das Jahr 2010 mit berücksichtigt; siehe Erläuterung im Text.

Jahrzehnte. Die Anzahl der Projekte verringerte sich entsprechend geringfügig um eines (etwa 1,5 %). In China wurde in 2011 erstmals nach mehreren Jahren kein neues Projekt initiiert. Zum einen sind mit 26 in Bau befindlichen Blöcken Kapazitäten gut ausgelastet und zum anderen wurden unter dem Eindruck der Ereignisse nach dem Tsunami vor Japan am 11. März 2011 die Grundlagen für die Sicherheitsbewertung von Kernkraftwerken geprüft. Ein Schluss der Prüfungen lag in 2011 mit dem Ergebnis vor, dass mit der vorhandenen

Auslegung ausreichend Vorsorge gegenüber solchen Naturereignissen sowie anderen Einflüssen, auch mit Blick auf internationale Standards und Verpflichtungen, für alle laufenden und in Bau befindlichen Anlagen und Standorte getroffen ist.

In Indien starteten mit *Rajasthan 7* und *Rajasthan 8* (beides CANDU mit 700 MWe Brutto- und 630 MWe Nettoleistung) 2 weitere Projekte zum Bau von Candu-Reaktoren indischer Bauart. Das für das Nuklearprogramm des Landes zuständige *Department of Atomic Energy* hat aus der ursprünglich kanadischen Entwicklung eines CAN-

DU-Reaktors eine eigene, indische Baureihe entwickelt. Heute zuständig für den Betrieb der Kernkraftwerke und den Neubau ist die *Nuclear Power Corporation of India Limited*. Pakistan hat nach der Inbetriebnahme des Blocks *Chasnupp 2* am Standort mit den baugleichen Blöcken *Chasnupp 3* und *Chasnupp 4* (DWR, 340 MWe Brutto- und 315 MWe Nettoleistung) gleich 2 weitere Projekte in Angriff genommen.

Das Kernkraftwerksprogramm Russlands ist in 2008 mit ambitionierten Schwerpunkten von der russischen Regierung beschlossen worden. Ab dem Jahr

2012 soll jedes Jahr mindestens ein Kernkraftwerksblock mit rund 1.000 MW Leistung in Betrieb gehen. Vor dem Hintergrund der Auswirkungen der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise soll der Plan den jeweils aktuellen Bedarfsdaten angepasst werden. Mit Gießen des ersten Betons wurden die Bauarbeiten am ersten Neubaublock des Standortes *Kaliningrad* aufgenommen. Die 1.170-MWe (brutto) Anlage soll 2016 in Betrieb gehen, ein 2. Block ist geplant. Die auch mit *Baltic* bezeichneten Kernkraftwerke sollen die gesamte Region Kaliningrad – russische Exklave an der Ostsee – versorgen sowie Strom für die Versorgung angrenzender Regionen zur Verfügung stellen.

Aktive Bauprojekte (Anzahl in Klammern) sind damit für Argentinien (1), Brasilien (1), Bulgarien (2), China (26), Finnland (1), Frankreich (1), Indien (7), Japan (2), der Republik Korea (5), Pakistan (2), Russland (10), die Slowakische Republik (2), Taiwan (2) und die USA (1) zu verzeichnen. Für die beiden Projekte *Belene 1* und *Belene 2* in Bulgarien werden aktuell neue Finanzierungskonzepte entwickelt; der Bauträger führt das Projekt weiter.

Die Blöcke *Pickering A-2* und *Pickering A-3* sowie *Bruce A-1* und *Bruce A-2* in Kanada befinden sich seit Mitte der 1990er-Jahre in einem längeren Betriebsstillstand (Lay-up-Betrieb). Ein Wiederinbetriebnahmeprogramm ist für die beiden Blöcke am Standort *Bruce* vorgesehen und wird aktiv umgesetzt. Jeweils 2 Blöcke sind an den Standorten in den vergangenen Jahren wieder in Betrieb genommen worden. *Bruce A-1* und *Bruce A-2* können innerhalb der nächsten 2 Jahre wieder in Betrieb genommen werden. Für *Bruce A-2* ist die Wiederinbetriebnahme für das Frühjahr 2012 angekündigt.

Weltweit befanden sich zum Jahreswechsel 2011/2012 rund 90 Projekte (90, konstant) in der konkreten Planungs- bzw. Beantragungsphase. Hinzu kommen weitere etwa 130 (120) Absichtserklärungen von Unternehmen oder Regierungsstellen in weiteren Ländern. Mit Blick auf strukturelle Auswirkungen der Ereignisse von Japan und *Fukushima* vom 11. März 2011 ist daher festzustellen, dass diese inzwischen mit Ausnahme von politischen Reaktionen in Deutschland, Italien und der Schweiz keine Auswirkungen auf die Zahl von Neubauprojekten und –planungen weltweit haben.

Die Entwicklung der Anzahl der weltweit betriebenen kommerziellen Kernkraftwerke sowie die zur Verfügung stehende Brutto-Kernkraftwerksleistung ist in *Abbildung 2* und *Abbildung 3* für die Jahre 1956 bis 2011 dargestellt (1956: Inbetriebnahmehjahr des ersten kommerziellen Kernkraftwerks, *Calder Hall 1*, in Großbritannien). Die erste nukleare Stromerzeugung erfolgte am 20. Dezember 1951 im US-amerikanischen Experimental Breeder Reactor EBR-1.) Bemerkenswert ist weiterhin der

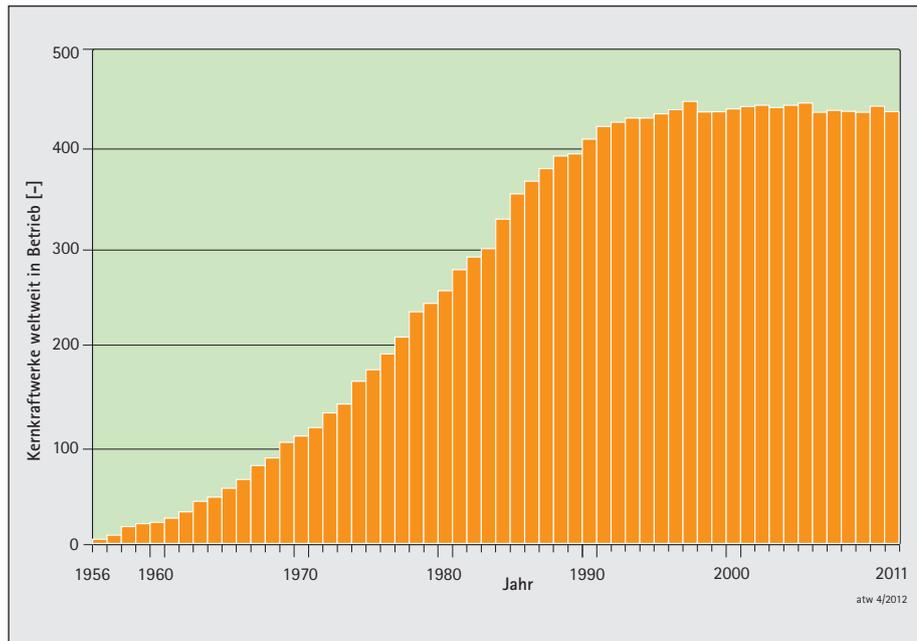


Abb. 2: Entwicklung der Anzahl der in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke weltweit seit Inbetriebnahme der ersten kommerziellen Anlage, *Calder-Hall 1*, Großbritannien, im Jahr 1956. Ende 2011 wurden 436 Kernkraftwerke betrieben. (Angaben zum 31.12.2011, Stand: April 2012)

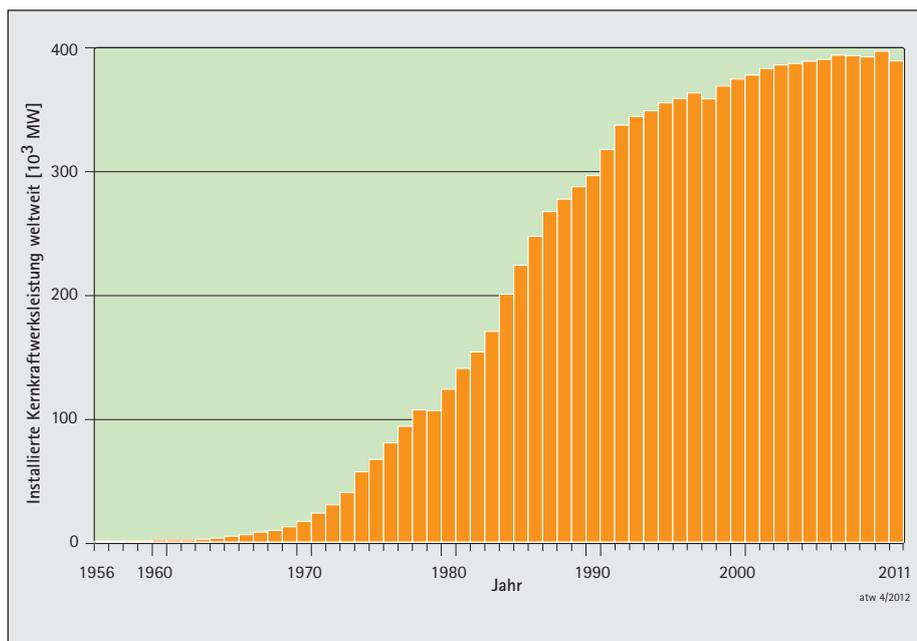


Abb. 3: Entwicklung der installierten Kernkraftwerksleistung weltweit seit Inbetriebnahme der ersten kommerziellen Anlage, *Calder-Hall 1*, Großbritannien, im Jahr 1956. Ende 2011 betrug die Bruttoleistung der Anlagen insgesamt 388.367 MW. (Angaben zum 31.12.2011, Stand: April 2012)

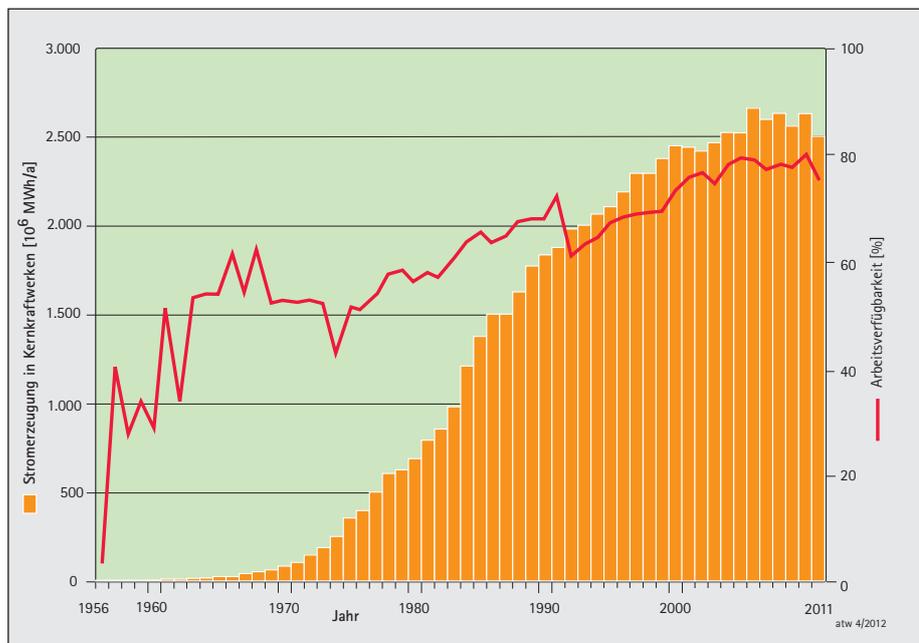


Abb. 4: Entwicklung der Stromerzeugung in Kernkraftwerken weltweit (Ordinate links) seit Inbetriebnahme der ersten kommerziellen Anlage, Calder-Hall 1, Großbritannien, im Jahr 1956 sowie Entwicklung der durchschnittlichen Arbeitsverfügbarkeit (Ordinate rechts) der Kernkraftwerke. Im Jahr 2011 wurden rund 2.497 Mrd. kWh (netto) nuklear erzeugt (vorläufige Daten). (Angaben zum 31.12.2011, Stand: April 2012)

Kapazitätswachst (Abbildung 3) in den 1980er-Jahren, als die unter dem Eindruck der ersten Erdölpreiskrise Anfang und Ende der 1970er-Jahre geordneten Kernkraftwerke mit hohen Leistungen je Anlage von im Mittel 1.000 MWe in Betrieb gingen. Weltweit und in Deutschland stellte bei dieser Entwicklung die Inbetriebnahme des Kernkraftwerksblocks Biblis A im Jahr 1974 mit 1.225 MWe brutto einen wichtigen Meilenstein der Entwicklung leistungsstarker Anlagen dar, die zudem auch technisch für einen längerfristigen Betrieb von mehreren Jahrzehnten von vornherein ausgelegt wurden – bis dato waren die Pilotanlagen u.a. mit dem Schwerpunkt technologischer Mach- und Umsetzbarkeit errichtet worden. Die seit etwa 1993 festzustellende Stagnation der Entwicklung von Kernkraftwerksanzahl und -leistung beruht einerseits auf der Stilllegung älterer, prototypischer und nicht mehr wirtschaftlicher Anlagen in den USA, Europa und den Staaten der GUS und andererseits dem kompensierenden Zubau von Kapazitäten im asiatischen Raum und Leistungserhöhungen bei laufenden Anlagen. Seit Mitte der 1990er-Jahre sind bemerkenswerte Leistungserhöhungen realisiert worden. Allein durch weiter optimierte Turbinen können rund 5 % mehr an Kapazität gewonnen werden, ohne dass die Reaktor-

leistung erhöht wird. Ist auch eine Erhöhung der thermischen Reaktorleistung konstruktiv möglich, wurden bislang bis zu 20 % Erhöhung der Erzeugungsleistung in Ländern wie Schweden, der Slowakischen Republik, den USA und Ungarn genehmigt. Bis Mitte dieses Jahrzehnts wird mit einem weiteren Kapazitätswachst von insgesamt bis zu 4.500 MW weltweit gerechnet. Dies entspricht dem Neubau von etwa 4 großen Kernkraftwerksblöcken. Allein in den USA wurden Leistungserhöhungen im Umfang von rd. 5.200 MWe netto umgesetzt bzw. sind genehmigt, weitere 2.650 MWe sind aktuell mit Umsetzung bis zum Jahr 2016 beantragt. In Schweden verzeichnen die Betreiber ein Leistungserhöhungsprogramm von insgesamt 1.050 MWe netto.

Mit den 437 in Betrieb befindlichen Anlagen waren Ende 2011 insgesamt 8 Blöcke weniger in Betrieb als im bisherigen führenden Jahr 1997 mit 445 Kernkraftwerken. Nach der Datenerhebung stand mit den 389.367 MWe (396.118 MWe) brutto nuklearer Stromerzeugungskapazität eine hohe Kapazität zur Verfügung. Die historisch seit 1956 bislang höchste Kapazität von 396.118 MWe war für Ende des Vorjahres 2010 zu verzeichnen.

Bei der Netto-Stromerzeugung haben die Kernkraftwerke weltweit mit ca.

2.497,1 Mrd. kWh (2010: ca. 2.627,5 Mrd. kWh; vorläufige Angaben und Berechnungen, vgl. Tabelle 1 und Abbildung 4) in 2011 ein im Vorjahresvergleich um rd. 5 % niedrigeres Ergebnis erzielt. Ursache hierfür waren die politisch bedingten Abschaltungen und Stilllegungen von 8 Kernkraftwerken in Deutschland sowie vorläufige Abschaltungen der Kernkraftwerke in Japan zur Durchführung von „Stresstests“ und folgenden Umsetzung sicherheitserhöhender Maßnahmen als Folgeergebnis der Analysen zu Fukushima. Das bisherige Bestergebnis der Nuklearstromproduktion weist für das 2006 eine Erzeugung von 2.658 Mrd. kWh aus. Gute Betriebsergebnisse wurden von den Kraftwerken unter anderem aus China, Finnland, Frankreich, den Niederlanden, Russland, der Schweiz und den USA gemeldet.

Die betriebliche Zuverlässigkeit der Anlagen insgesamt wird von der durchschnittlichen mittleren Arbeitsverfügbarkeit aller Kernkraftwerke weltweit unterstrichen (vgl. Abbildung 4). Diese hat seit Mitte der 1990er-Jahre im Mittel zugenommen. Der starke Abfall der Verfügbarkeit Anfang der 1990er-Jahre ist auf die in diesem Zeitraum stark zurückgehenden Verfügbarkeiten der Anlagen in den osteuropäischen Staaten und den Staaten der GUS zurückzuführen, deren Betriebsdaten in diesen Jahren auch erstmals konsistent in die Statistik eingeflossen sind. Die langfristigen Stillstände einzelner leistungsstarker Kernkraftwerke bedingen auch die niedrigere mittlere Verfügbarkeit in den Jahren 2006 bis 2009 sowie 2011.

Kumuliert sind seit der ersten nuklearen Stromerzeugung rd. 65.600 Mrd. kWh netto Strom in Kernkraftwerken weltweit produziert worden. Die Erfahrungen im Kernkraftwerksbetrieb belaufen sich auf ca. 14.750 Reaktorjahre.

Im Hinblick auf den Klimaschutz haben Kernkraftwerke etwa 2,50 Mrd. t Kohlendioxidemissionen³⁾ in 2011 vermieden. Die durch Kernenergie vermiedenen Emissionen entsprechen rund 8 % der derzeit jährlichen weltweiten Emissionen von ca. 30 Mrd. t CO₂. Dies ist eine Menge, die deutlich höher liegt, als die in den vorliegenden internationalen Protokollen und Vereinbarungen zum Klimaschutz (Kyoto-Protokoll) vereinbarten weltweiten Reduktionsziele für den Zielzeitraum 2008 bis 2012! ■

³⁾ Umrechnung aus dem Stromerzeugungsmix der Kernenergie nutzenden Staaten.