

## **Die Zukunft der Atomkraft nach Fukushima - Warum eine „Renaissance der Atomenergie“ ausbleiben wird.**

*Dr. Lutz Mez, Senior Research Fellow, Forschungszentrum für Umweltpolitik der Freien Universität Berlin*

### **Zusammenfassung**

Nach dem Super-GAU in Fukushima steht die internationale Energiepolitik vor einer Zäsur. Die seit Jahrzehnten angekündigte weltweite Renaissance der Atomkraft ist bisher nicht eingetreten, und nach der nuklearen Katastrophe in Japan ist es noch unwahrscheinlicher geworden, dass Atomenergie langfristig eine wichtige Rolle im weltweiten Energiemix spielen wird. Im Gegenteil sind seitdem in einer Reihe von Ländern wie Deutschland, der Schweiz, China und nun selbst in Japan bei den Regierungen mehr oder weniger deutliche Anzeichen des Umdenkens in Richtung einer beschleunigten Energiewende zu erkennen. Vor allem der im einflussreichen EU-Mitgliedsland Deutschland geplante Ausstieg aus der Atomenergie könnte Konsequenzen für ganz Europa haben, wie EU-Energiekommissar Oettinger vermutet: Die Atomkatastrophe in Japan stelle uns vor die Herausforderung, wie „wir in Europa in absehbarer Zeit ohne Kernkraft unseren Strombedarf sichern“ können. Andere Länder wie Russland, die Tschechische Republik oder Frankreich verkündeten hingegen, am Ausbau der Atomenergie festhalten zu wollen. Dies wirft mittelfristig die Frage auf, welche Auswirkungen die Ereignisse in Japan auf die zivile Nutzung von Atomkraft und die zukünftige Energiematrix weltweit haben werden. Da Deutschland als viertgrößte Wirtschaftsnation der Welt wie auch Italien und die Schweiz beschlossen hat, die Atomenergie auszusteigen und ihr zukünftiges Wirtschaftswachstum stärker auf Erneuerbaren Energien aufzubauen, stellt sich auch für andere Staaten unweigerlich die Frage nach der Zukunft der Atomenergie.

In diesem Beitrag wird die angebliche internationale Renaissance der Atomenergie vor dem Hintergrund der Ereignisse in Japan neu bewertet.

## 1. Einleitung

Die massiven Störfälle von Fukushima haben einmal mehr eindrücklich gezeigt, dass die Gefahren der Atomkraft für den Menschen nicht beherrschbar sind. Während die AKW-Kritiker so schnell wie möglich aus dem Atomzeitalter aussteigen wollen, sieht die Pro-Atom-Gemeinde in der Atomkraft nach wie vor den Heilsbringer für die Menschheit. In der größten dänischen Tageszeitung Berlingske Tidende behauptete der Kolumnist Claes Kastholm beispielsweise noch zwei Wochen nach den Explosionen in Fukushima „Atomkraft ist die sicherste Energieform, über die die Menschheit verfügt“ (Berlingske Magasin, 27.3.2011, S. 23).

Doch hat die häufig betonte weltweite Renaissance der Atomenergie überhaupt jemals stattgefunden? Angesichts der drohenden Klimakrise und der immer deutlicher werdenden Endlichkeit fossiler Energien – Stichwort Peak Oil - wurde die Atomenergie in der letzten Dekade als die CO<sub>2</sub>-freie, sichere und billige Lösung der globalen Energieprobleme propagiert. So erklärte beispielsweise US-Präsident Barack Obama im Februar 2010: „Nuclear energy remains our largest source of fuel that produces no carbon emissions. To meet our growing energy needs and prevent the worst consequences of climate change, we'll need to increase our supply of nuclear power. It's that simple.“ Während in der Frühphase der zivilen Nutzung der Atomkraft unter dem Motto „too cheap to meter“ häufig die angeblich geringen Kosten dieses Energieträgers betont wurden, lautet das Argument heute eher „zumindest billiger als die Alternativen“.

Die angebliche Renaissance der Atomenergie hat eine lange Vorgeschichte: Bereits am 9. Oktober 1981 titelte die New York Times: „President offers plans for revival of nuclear power“. Die US-Regierung unter Präsident Ronald Reagan, hieß es dort, habe konkrete Schritte angekündigt, die sie unternehmen werde, um die kommerzielle Atomkraft wiederzubeleben. Seitdem taucht der Begriff einer angeblichen Renaissance der Atomenergie immer wieder in den Medien auf. In der Anfangszeit der Atomenergie gab es noch eher Evidenz für diese Annahme als heute: Im Jahr 1979 waren immerhin 233 Reaktoren weltweit im Bau und 1981 alleine in den USA immerhin noch fast 50 Reaktoren – heute sind es weltweit lediglich 64 Reaktoren, die sich im Bau befinden. Dennoch kann generell festgestellt werden: In den westlichen Industrieländern gab und gibt es keine Anzeichen für ein Comeback der Atomenergie. Seit 1973 ist in den USA, dem größten Markt für Energieprojekte, kein Atomkraftwerk mehr in Auftrag gegeben worden, dessen Bau nicht hinterher wieder aufgegeben worden wäre. Auch wenn die Atomlobby unverdrossen versucht, die Auferstehung der Atomkraft herbeizureden, sprechen die Fakten eine andere Sprache: im Zeitraum von 1989 bis 2011 ist die Zahl der Reaktoren weltweit lediglich von 423 auf 437 gestiegen, was im Schnitt nicht einmal einem Reaktor pro Jahr entspricht. Im Jahr 2008 wurde weltweit zum ersten Mal seit Beginn der kommerziellen Atomkraftnutzung 1956 überhaupt kein neues Atomkraftwerk ans Netz geschaltet. Zudem werden 2011 sieben Meiler weniger betrieben als noch 2002, als der historische Höchststand mit 444 Einheiten erreicht wurde.

Doch was sind die Gründe, dass die Nutzung eines vermeintlich sicheren, billigen und umweltverträglichen Energieträgers in der Realität zu scheitern scheint? Im Folgenden wird zunächst der Stand der Atomprogramme weltweit dargelegt, um anschließend auf Argumente einzugehen, die eine weltweite Renaissance der Atomenergie bisher verhindert haben.

## **2. Stand der Atomprogramme weltweit**

Am 20. April 2011 zählte die Internationale Atomenergie Organisation (IAEA) weiterhin 443 Atomkraftwerke (AKW) mit einer Gesamtleistung von 375.374 MW und einer durchschnittlichen Betriebszeit von 26 Jahren als „betriebsbereit“, obwohl nach dem Erdbeben und Tsunami im März 2011 in drei Blöcken des AKW Fukushima Daiichi Kernschmelzen stattgefunden haben und an diesem Standort vermutlich keine Reaktoren mehr betrieben werden können (s. Tabelle). Im World Nuclear Industry Status Report 2010-2011 werden deswegen nur noch 437 Reaktoren als betriebsbereit gelistet.

Und baut wirklich die ganze Welt Atomkraftwerke? Keineswegs. Von der IAEA werden derzeit 64 Blöcke mit einer Leistung von 62.562 MW als im Bau befindlich kategorisiert. Die Bauprojekte verteilen sich auf vierzehn Länder: China (27), Russland (11), Indien (5), Südkorea (5) und in der Ukraine (2), in Kanada (2), Japan (2), Slowakei (2) und Taiwan (2) sowie je ein Block in Argentinien, Brasilien, Finnland, Frankreich, dem Iran und den USA. Im Vergleich dazu waren im Jahr 1979 weltweit noch 233 Reaktoren im Bau (Schneider, Froggatt, Thomas 2011). Die World Nuclear Association (WNA) zählt lediglich 61 Reaktoren im Bau, aber weitere 158 Reaktoren in der Kategorie „in Planung“. Allerdings lehrt die reale Entwicklung der Atomtechnik, dass Reaktoren „in Planung“ keineswegs automatisch in die Kategorie „im Bau“ überwechseln. Angesichts dieser Fakten muss die Metapher der „Renaissance der Atomkraft“ somit eher als ein ideologischer Kampfbegriff angesehen werden. Bei genauerer Betrachtungsweise muss man in den westlichen Industrieländern sogar eher von einer Talfahrt der Atomkraft reden. In der Europäischen Union gab es 1989 noch 177 Reaktoren, im April 2011 wurden von der IAEA nur noch 143 betriebsbereite Reaktoren verzeichnet. Dazu zählen auch die achten Reaktoren in Deutschland, die nach Fukushima vom Netz genommen wurden und nun dauerhaft stillgelegt werden. Von den 192 Mitgliedern der Vereinten Nationen haben im Mai 2011 lediglich 30 Länder Atomkraftwerke im Betrieb. Der Iran kommt als 31. Land hinzu, wenn das AKW Bushehr wie geplant ans Netz gehen sollte. Drei Länder (Italien, Kasachstan und Litauen) haben ihre AKWs inzwischen stillgelegt und in Österreich ist ein Reaktor in Zwentendorf zwar gebaut worden, aber nie ans Netz gegangen.

Die sechs größten Betreiberländer (USA, Frankreich, Japan, Russland, Deutschland und Südkorea) sind teils Atomwaffenstaaten (USA, Frankreich und Russland) und produzieren drei Viertel des gesamten Atomstroms. Weltweit beträgt der Anteil der AKWs an der Stromerzeugung aber nur gut 13 Prozent. Das entspricht 5,5 Prozent des Primärenergieverbrauchs und etwas mehr als zwei Prozent des weltweiten Endenergieverbrauchs. Im Vergleich dazu ist der potentielle Beitrag der Erneuerbaren Energien zur Umweltentlastung und zum Klimaschutz, die einen Anteil von fast 19 Prozent

an der weltweiten Stromerzeugung und ca. 10 Prozent an der Primärenergieerzeugung ausmachen, deutlich höher als jener der Atomkraft.

In der Europäischen Union verfügen zwölf der siebenundzwanzig Mitgliedsstaaten nicht über eigenen Atomstrom oder haben diese Technik aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen bzw. in Folge politischer Entscheidungen abgeschafft. Neun EU-Mitgliedsstaaten setzen derzeit auf Atomenergie, zwei Länder haben ihre Atomkraftwerke stillgelegt, sechs weitere betreiben den Ausstieg und die restlichen zehn haben keine Atomprogramme. Im Zuge der EU-Erweiterung wurden in den neuen Beitrittsländern acht Risiko-Reaktoren abgeschaltet und die EU sowie westliche Geberländer beteiligten sich an den Stilllegungskosten mit über einer Milliarde €. Derzeit ist in gesamt Osteuropa lediglich ein Reaktor im Bau, jedoch wird eine Reihe neuer Atomkraftwerke geplant. Trotz Liberalisierung und Teilprivatisierung der Stromwirtschaft stellt die Fertigstellung oder der Neubau von Atomkraftwerken jedoch ein nahezu unlösbares Finanzierungsproblem dar.

Die drei großen Schwellenländer Indien, China und Brasilien haben ihre Atomprogramme bereits vor Jahrzehnten beschlossen, aber nur ansatzweise realisiert, so dass der Anteil der Kernkraft an der Stromerzeugung und Energieversorgung minimal ist. Das größte Ausbauprogramm hat China, das derzeit dreizehn AKW betreibt, die 1,9 Prozent der Stromerzeugung ausmachen, 27 weitere Meiler sind im Bau. Wie sich die Planungen nach den Ereignissen in Fukushima entwickeln, in Folge derer die chinesische Regierung eine Überprüfung der Baupläne angeordnet hatte, bleibt abzuwarten. In Indien sind 20 kleinere Reaktoren im Betrieb, die 2,2 Prozent des Strombedarfs decken, weitere fünf sind im Bau. In Brasilien sind zwei Reaktoren im Betrieb, die 3 Prozent des Stroms erzeugen. Ein weiterer Reaktorblock ist im Bau.

Eine genauere Betrachtung zeigt indes, dass zwölf der 64 Reaktoren schon seit über 20 Jahren mit dem Status „im Bau“ die Statistik zieren. Dies zeigt, dass sich in der Statistik eine ganze Reihe von Bauruinen befinden. Angesichts dieser Fakten von einer „weltweiten Wiedergeburt“ zu sprechen, ist mutig, zumal derart lange Bauzeiten enorme Kosten verursachen, die kaum eine Bank finanziert - es sei denn, das Finanzrisiko wird vom Staat übernommen. Die Komplexität des Genehmigungsverfahrens, wie auch die Ausführungsrisiken, die mit einem Bauprojekt dieser Art zusammenhängen, sollten in jedem Fall nicht unterschätzt werden.

### **Alter und Stromerzeugung der Atomkraftwerke**

Die Atomkraftwerke weltweit besitzen nach derzeitigem Stand zusammen eine Gesamtleistung von etwa 375.000 Megawatt und ein durchschnittliches Betriebsalter von 26 Jahren. Dass die installierte Kraftwerkskapazität in den letzten Jahren insgesamt etwas gestiegen ist, liegt nicht am Zubau, sondern vor allem daran, dass bei bestehenden Anlagen durch technische Maßnahmen wie den Austausch von Dampferzeugern die Leistung erhöht wurde.

Auch die bisherige Stilllegung von weltweit 130 Reaktoren nach einer durchschnittlichen Betriebszeit von 22 Jahren deutet nicht unbedingt in die Richtung einer weltweiten Renaissance. Im Zeitraum von 2008 bis April 2011 wurden insgesamt neun Reaktorblöcke in Betrieb genommen und elf abgeschaltet (Schneider, Froggatt, Thomas 2011).

Bei einer angenommenen Betriebszeit von 40 Jahren werden bis zum Jahr 2015 insgesamt 95 Reaktoren und bis zum Jahr 2025 weitere 192 AKW vom Netz gehen, also insgesamt 287 Reaktoren. Allein um die bisherige installierte Leistung der Atomkraftwerke weltweit konstant zu halten, müssten diese Reaktoren bis 2025 alle durch Neubauten ersetzt werden. Unterstellt man die tatsächliche Inbetriebnahme aller derzeit im Bau befindlichen Anlagen, so müssten bis 2015 zusätzlich zu den geplanten noch etwa 18 und bis 2025 insgesamt zusätzlich 191 Reaktorblöcke mit einer Gesamtkapazität von über 175.000 Megawatt geplant, gebaut und in Betrieb genommen werden (Schneider, Froggatt, Thomas 2011). Das bedeutet, dass alle 19 Tage ein neuer Reaktorblock ans Netz gehen müsste. Da die „lead time“ – die Zeit zwischen Bauplanung und kommerzieller Inbetriebnahme – für ein AKW inzwischen mehr als zehn Jahre beträgt, kann nicht einmal die heute vorhandene atomare Kraftwerksleistung aufrechterhalten werden.

Betrachtet man die weltweite Stromerzeugung aus Atomkraft, fällt zum einen auf, dass drei Viertel des weltweiten Atomstroms in lediglich sechs Ländern produziert wird. Zum anderen wird deutlich, dass Atomstrom global gesehen eine nur sehr geringe Rolle spielt: In den sechs genannten Ländern betrug der Anteil des Atomstroms an der Elektrizitätserzeugung im Jahr 2008 zwischen knapp 16 Prozent in Russland und 77 Prozent in Frankreich. Da der Anteil von Elektrizität am Endenergieverbrauch in diesen Ländern aber nur zwischen 14 und 26 Prozent beträgt, ist auch der Atomstromanteil am Endenergieverbrauch entsprechend gering. Er lag 2008 zwischen 17,3 Prozent in Frankreich und 2,2 Prozent in Russland (s. Tabelle). Auch global betrachtet geht der Anteil des Atomstroms an der Stromversorgung seit Jahren ständig zurück – im Jahr 2008 betrug er nur noch 13,5 Prozent. Da der Anteil der Elektrizität am globalen Endenergieverbrauch 2008 lediglich 17,2 Prozent betrug, ist der Beitrag des Atomstroms mit 2,3 Prozent sehr bescheiden – Tendenz weiter sinkend.

### **Pläne und Prognosen**

Aus den derzeitigen Plänen und Absichtserklärungen von Regierungen ist zu schließen, dass im Jahre 2020 die Vereinigten Staaten, Frankreich, Japan, Russland, China und Korea über die größten installierten Atomkraftwerksleistungen verfügen werden. Der stärkste Kapazitätsausbau war bis vor kurzem in China geplant. Wie sich in China und Japan die Ausbaupläne entwickeln werden, die als erste Reaktion auf die Ereignisse in Fukushima auf Eis gelegt wurden, bleibt abzuwarten.

Die Nuclear Energy Assembly (NEA) hat die Entwicklung der weltweiten Kernkraftwerksleistung bis 2050 unter Berücksichtigung eines Hoch- und eines Niedrig-Szenarios mit folgenden Ergebnissen eingeschätzt:

- Bis 2050 wird die weltweit installierte Kernkraftwerksleistung um einen Faktor von 1,5 bis 3,8 zunehmen.
- Im Hoch-Szenario wird der Anteil der Kernenergie an der weltweiten Stromerzeugung von derzeit knapp 14 Prozent auf 22 Prozent im Jahr 2050 ansteigen.
- In beiden Szenarien wird sich die nukleare Stromerzeugung weiterhin stark auf den OECD-Raum konzentrieren.
- Der Beitrag von Ländern, die bislang keine Kernreaktoren betreiben, wird nur einen Anteil von rund 5 Prozent an der im Jahre 2020 gesamten weltweit installierten Kernkraftwerksleistung ausmachen.

Als US-Präsident Eisenhower 1953 der Welt ein Programm zur friedlichen Nutzung der Atomenergie verkündete, wurde das schreckliche Bild der Atombomben-Abwürfe auf Hiroshima und Nagasaki „mit Prophezeiungen schier unerschöpflicher Segnungen der friedlichen Nutzung übermalt“ (Traube 2004). Als Mitte der 1960er Jahre mit dem Bau einiger großer Atomkraftwerke die kommerzielle Nutzung der Atomenergie begann, war die Euphorie zum Teil schon wieder verflogen. Dennoch gab es vor allem in den USA und in einigen westlichen Industrieländern ein Jahrzehnt lang einen regelrechten Bau-Boom für Atomkraftwerke. Inzwischen haben sich die optimistischen Prognosen aus den 1970er Jahren zum Ausbau der Atomkraft allerdings als völlig überzogen herausgestellt. So prognostizierte beispielsweise die IAEA 1974, dass die weltweit installierte AKW-Leistung im Jahr 2000 insgesamt 4.500 GW betragen würde. Im Jahr 2010 betrug diese weltweit jedoch nur 375 GW und damit ein Zwölftel des bereits für 2000 vorhergesagten Wertes. In den USA brach der Markt für AKW bereits Mitte der 1970er Jahre zusammen. Von den damals bestellten, im Bau und in Betrieb befindlichen 228 GW AKW-Leistung sind in den USA heute nur 101 GW betriebsbereit.

### **3. Warum Atomenergie eine Sache von gestern ist**

Es hat sich gezeigt, dass der weltweit geplante Ausbau der Atomenergie deutlich hinter den selbst gesteckten Zielen und Erwartungen zurück geblieben ist. Zu den Gründen für die ausbleibende Renaissance der Atomkraft zählen nicht nur die fehlenden industriellen Fertigungskapazitäten und der Fachkräftemangel der Atomindustrie sondern vor allem die ständig steigenden Kosten für den Bau der AKWs und die damit verbundenen Finanzierungsprobleme. Ebenso erweist sich die Behauptung, mit AKWs ließe sich der Klimawandel bekämpfen, unter Berücksichtigung einer Lebenszyklusanalyse als nicht haltbar. Nicht zuletzt muss bei der Abwägung von Pro- und Contra-Argumenten immer berücksichtigt werden, dass die militärische und die zivile Nutzung der Atomkraft als eine Art siamesische Zwillinge untrennbar miteinander verbunden sind. Daher gewinnt die Gefahr der Proliferation und der Anfälligkeit für Terroranschläge ein zunehmend stärkeres Gewicht in demokratischen Gesellschaften als Argument gegen die zivile Nutzung von Atomenergie.

## **Probleme der Atomindustrie**

Die Atomindustrie hat seit drei Jahrzehnten mit einer Reihe von Problemen zu kämpfen. Ein weltweiter Bauboom ist derzeit schon aufgrund mangelnder Fertigungskapazitäten und schwindender Fachkräfte ausgeschlossen und an dieser Situation wird sich kurz- und mittelfristig nicht viel ändern. Nur ein einziges Unternehmen der Welt, die Japan Steel Works, ist in der Lage, die benötigten Großkomponenten für Reaktordruckbehälter von der Größe des EPR zu schmieden. Nicht nur der erwähnte Druckbehälter, sondern auch die Dampferzeuger des finnischen Neubaus kommen aus Japan. In den USA hingegen gibt es keine Fertigungsanlage für Großkomponenten mehr. Die einzige Anlage in Europa, die AREVA-Schmiede im französischen Creusot, kann lediglich Komponenten von begrenzter Größe in begrenzter Zahl herstellen. Darüber hinaus sind die Anlagen teilweise durch Nachrüst-Projekte blockiert, weil Austauschdampferzeuger für Kraftwerke, deren Betrieb verlängert werden soll, am selben Ort hergestellt werden. Da sich derartige Großanlagen nicht von heute auf morgen aus dem Boden stampfen lassen, wird sich an dieser Situation so schnell nichts ändern.

Neue Atomanlagen müssten außerdem von neuem Personal betrieben werden - doch Industrie und Betreiber schaffen es kaum, auch nur die Altersabgänge zu ersetzen. Es fehlen ganze Generationen von Ingenieuren, Atomphysikern und Strahlenschutzexperten, um einer doppelten Herausforderung zu begegnen: Parallel zum Bau neuer Werke müssen stillgelegte Anlagen abgerissen und endlich Lösungen für den Atommüll geschaffen werden.

## **Kosten und Finanzierung**

Anders als bei allen anderen Energietechnologien lassen sich beim Bau von Atomkraftwerken keine Skalenerträge feststellen. Stattdessen sind die spezifischen Investitionskosten immer teurer geworden. Und außerdem wurden, nicht nur in den USA, die Anlagen wesentlich teurer als vorher vertraglich vereinbart. In der Frühphase 1966-67 wurden die „estimated overnight“ Kosten mit \$560/kW geschätzt, die „actual overnight“ Kosten lagen dann jedoch bei \$1170/kW, also 209 Prozent darüber. In den Jahren 1974-75 ging man von „estimated overnight“ von \$1156/kW aus, die „actual overnight“ lagen mit \$4410/kW sogar 381 Prozent darüber (Gielecki & Hewlett 1994). Hinzu kommt, dass aktuelle Daten zu den Baukosten lediglich in Westeuropa und Nordamerika verfügbar sind. Die Kosten der Bauprojekte in China, Indien und Russland sind entweder nicht zugänglich oder nicht vergleichbar.

Da in den letzten Jahren die Baukosten für Kraftwerke generell stark angestiegen sind, was vor allem auf den großen Zubau von konventionellen Kohlekraftwerken in China und Indien zurück zu führen ist, sind auch die spezifischen Baukosten für AKW-Projekte teils um einen hohen Faktor angestiegen. Bis zum Jahr 2002 erwartete die Atomindustrie für Neubauten von Atomkraftwerken der Generation III(+) Baukosten von \$1000/kW. Dieses Kostenniveau erwies sich jedoch als völlig unrealistisch. Der Vertragspreis für den 2004 bei AREVA NP bestellten Europäischen Druckwasserreaktor für den finnischen Standort Olkiluoto lag beispielsweise bereits bei 2000 €/kW – das waren damals \$3000/kW. Allerdings ist der Bau noch lange nicht fertig gestellt und die Kosten haben sich bisher real auf mehr als das

Doppelte erhöht. Aufgrund dieser Entwicklung stiegen in den USA für 2007/08 die Schätzungen auf \$5000/kW: Asked about challenges facing construction of new nuclear and coal power plants, the US Federal Energy Regulatory Commission (FERC) Chairman, Jon Wellinghoff, allowed that "we may not need any, ever. That's a 'theoretical question' because I don't see anybody building these things until costs get to a reasonable level" (Platts 22 April 2009). He characterized the projected costs of new nuclear plants as prohibitive, citing estimates of roughly \$7.000/kW. Diese Schätzungen wurden auch 2009 durch die eingehenden Angebote für den Bau eines AKW in Ontario, das Ontario's Nuclear Procurement Project, bestätigt: diese lagen zwischen \$6700/kW und \$10000/kW, was natürlich ein Aus für das Projekt bedeutete – zumal dabei noch nicht berücksichtigt worden war, dass die Kostenschätzungen in der Vergangenheit immer unter den realen Baukosten gelegen haben.

Auch die führenden Ratingagenturen Standard & Poor's sowie Moody's äußerten in den letzten Jahren Bedenken, was die Wirtschaftlichkeit neuer Atomkraftwerke angeht: Die führende Kredit Rating Firma Standard & Poor's warnte bereits im Jahr 2007: "In the past, engineering, procurement, and construction contracts were easy to secure. However, with increasing raw material costs, a depleted nuclear-specialist workforce, and strong demand for capital projects worldwide, construction costs are increasing rapidly." Und auch Moody's drückte in einer Analyse möglicher Neubauprojekte in den USA unverhohlene Skepsis aus: „Moody's does not believe the sector will bring more than one or two new nuclear plants online by 2015." Sogar das Nuclear Energy Institute, die Handelsorganisation der Atomindustrie, stellte im August 2008 fest: "There is considerable uncertainty about the capital cost of new nuclear generating capacity."

Insgesamt sind dies wenig rosige Perspektiven für eine Technologie, die in den 1950er und 1960er Jahren entwickelt wurde und die sich ohne massive staatliche Subventionierung in westlichen und demokratischen Industrieländern kaum bis heute hätte halten können.

### **Klimaschutz durch Atomkraftwerke?**

Der Bereich der Stromerzeugung ist für rund 27 Prozent der weltweiten anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich und stellt die bei weitem größte und am schnellsten wachsende Quelle von Treibhausgasemissionen dar. Deswegen werden die angeblich CO<sub>2</sub>-freien Atomkraftwerke häufig als Wundermittel gegen den Klimawandel gepriesen. Als Argument für die zivile Nutzung von Atomenergie betonen Befürworter gerne, dass der Betrieb von Kernkraftwerken kein CO<sub>2</sub> frei setze. Dabei wird unterstellt, dass der gesamte Atomstrom durch Strom aus Braunkohlekraftwerken ersetzt würde. Eine Energiewende würde jedoch verstärkt auf dezentrale gasgefeuerte Blockheizkraftwerke setzen, die nicht mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen als Atomkraftwerke.

Hinzu kommt, dass Atomkraftwerke bei systemischer Betrachtungsweise keineswegs CO<sub>2</sub>-freie Produktionsanlagen sind. Sie emittieren bereits heute bis zu einem Drittel soviel Treibhausgase wie moderne große Gaskraftwerke. Die produktionsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Atomenergie betragen – je nachdem, wo der Rohstoff Uran gefördert und angereichert



wird – zwischen 7 und 126 Gramm CO<sub>2equ</sub><sup>1</sup> pro Kilowattstunde (GEMIS 4.7). Das Öko-Institut hat für ein typisches AKW in Deutschland – einschließlich der Emissionen durch den Bau der Anlage – mit angereichertem Uran aus einem Mix von Lieferländern eine spezifische Emission von 28 Gramm CO<sub>2equ</sub> pro Kilowattstunde ermittelt. Multipliziert man diesen Emissionsfaktor mit der Stromerzeugung in den deutschen AKW, so haben diese im Jahr 2009 den Ausstoß von insgesamt 3,6 Mio. t CO<sub>2equ</sub> verursacht. Eine erste Berechnung der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Atomstromerzeugung ergibt für das Jahr 2009 einen Wert von über 114 Mio. t CO<sub>2equ</sub> (s. Tabelle) - das ist in etwa so viel, wie die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen von Griechenland in diesem Jahr. Und dabei enthalten diese Daten noch nicht einmal die Emissionen, die bei der Atommüll-Lagerung anfallen werden.

In den kommenden Dekaden werden die indirekten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Atomkraftwerke zudem kräftig ansteigen, weil wesentlich mehr fossile Energie für den Uranabbau aufgewendet werden muss (Storm van Leeuwen 2007). Angesichts dieser Entwicklung werden AkW zukünftig beim CO<sub>2</sub>-Ausstoß gegenüber modernen Gaskraftwerken geschweige denn gegenüber der Steigerung der Energieeffizienz oder der Nutzung Erneuerbarer Energien keinen Vorteil mehr haben, besonders wenn letztere Kraft-Wärme gekoppelt sind.

Atomkraftwerke tragen zudem auch durch die Freisetzung radioaktiver Isotope wie Tritium oder Kohlenstoff 14 zum Klimawandel bei. Und auch das radioaktive Edelgas Krypton 85, ein Produkt der Kernspaltung, ionisiert die Luft unter allen radioaktiven Stoffen am intensivsten. Krypton 85 entsteht im Atomkraftwerk und wird bei der Wiederaufarbeitung massiv freigesetzt. Die Konzentration von Krypton 85 in der Erdatmosphäre hat in den letzten Jahren durch die Atomspaltung stark zugenommen und erreicht heute einen Höchststand. Obwohl Krypton 85 möglicherweise klimawirksam ist (Kollert & Donderer 1994), spielen diese Emissionen bei den internationalen Klimaschutzverhandlungen bisher keine Rolle.

Anstelle der Behauptung, Atomkraft werde benötigt, um den Klimaschutz voranzutreiben, lässt sich somit vielmehr die Gegenthese begründen: die zügige Abschaltung der Atomanlagen ist erforderlich, um auf die Betreiber und die Kraftwerksindustrie mehr Innovationsdruck zur Entwicklung nachhaltiger und sozialverträglicher Energietechnologien und vor allem der Anwendung intelligenter Energiedienstleistungen auszuüben.

### **Zivile und militärische Nutzung der Atomkraft – das Risiko der Proliferation**

Historisch gesehen war die militärische Nutzung der Atomenergie der Geburtshelfer der zivilen Kerntechnik. Denn in den meisten Ländern hatte die Entwicklung von Kernwaffen und anderer Formen der militärischen Nutzung der Atomkraft erste Priorität und die Energieerzeugung in Atomkraftwerken war zunächst ein Abfallprodukt. Doch dieser Nebenzweig entwickelte seine Eigendynamik: Atomkraft wurde zur Ikone für eine saubere, hochmoderne Technik und technischen Fortschritt. Zudem war diese für die Betreiber der Anlagen zunächst ein risikoloses und hochprofitables Geschäft, weil hohe staatliche

---

<sup>1</sup> Man drückt den Treibhauseffekt einer Mischung der sechs wesentlichen Treibhausgase in CO<sub>2</sub> Äquivalenten (CO<sub>2equ</sub>) aus.

Subventionen gezahlt wurden und alle Kosten über die Stromrechnung auf die Stromkunden abgewälzt werden konnten. Vom „billigen Atomstrom“ profitierten auch die stromintensiven Wirtschaftszweige – und in den Atomwaffenstaaten das Militär - denn auch zivile Nuklearanlagen bieten viele Möglichkeiten für militärische Nutzenanwendung.

Die Grenzen zwischen militärischer und ziviler Nukleartechnik und damit zwischen Krieg und Frieden sind oft fließend. Um die Risiken militärischer Nutzung zu minimieren, werden bereits seit langem Möglichkeiten eines multilateralen Rahmenwerks zur zivilen Nutzung von Atomenergie in Erwägung gezogen. Die Idee, eine Internationale Atomenergie-Agentur (IAEA) zu gründen, an die von den Staaten Uranvorräte und anderes Spaltmaterial übertragen wird, wurde bereits 1953 vom ehemaligen US-Präsidenten Dwight D. Eisenhower in seiner „Atoms for Peace“ Rede sowie während der 1. Genfer Atomkonferenz von 1955 vorgeschlagen. Ziel und Zweck der IAEA war die Entwicklung von Methoden, damit das nukleare Spaltmaterial von der Menschheit „friedlich“ genutzt werden kann – in der Landwirtschaft, der Medizin und zur Stromversorgung der energiearmen Länder und Regionen der Welt. Auch mit dem 1970 in Kraft getretenen Atomwaffensperrvertrag wurde der Versuch unternommen zu verhindern, dass nukleare „Habenichtse“ über den zivilen Atom-Technologietransfer zu Atommächten werden. In der Realität haben sich jedoch inzwischen eine Reihe von Ländern wie Israel, Indien, Pakistan und Nord-Korea unter dem Vorwand der zivilen Nutzung Atomwaffen angeeignet, und einigen weiteren Ländern wie dem Iran wird diese Absicht unterstellt.

Diese Entwicklung zeigt, dass sich der Bau von Atombomben schwerlich verhindern lässt und mit hoher Wahrscheinlichkeit in Zukunft immer mehr Länder über Kernwaffen verfügen werden. Wenn die nukleare Infrastruktur erst einmal steht und die Grundstoffe für Bomben in Anlagen zur Anreicherung oder zur Wiederaufarbeitung, in Militärreaktoren, Zweizweckreaktoren oder Schnellen Brütern produziert werden, dann ist es nur eine Frage des politischen Willens und der Bereitschaft, Mittel in die Atomtechnik zu investieren, ob ein Land über Atomwaffen verfügen kann oder nicht.

#### **4. Fazit**

Es hat sich gezeigt, dass die seit einigen Jahren viel diskutierte weltweite Renaissance der Atomenergie in der Praxis sowohl an ökonomischen und ökologischen Bedenken als auch an diversen Sicherheitsrisiken zu scheitern scheint. Sind Atomkraftwerke – 25 Jahre nach Tschernobyl und nach den Ereignissen in Fukushima – ein Auslaufmodell oder angesichts der Endlichkeit fossiler Energieträger und des Klimawandels eine Notwendigkeit?

In der Geschichte der Atomenergie hat sich gezeigt, dass ein Umdenken in vielen Staaten am ehesten nach atomaren Großunfällen stattgefunden hat. Am 26. April 2011 jährte sich die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl zum fünfundzwanzigsten Mal. Der Super-GAU im Frühjahr 1986 in der Ukraine beschleunigte den Ausstieg aus der Atomenergie in einer Reihe von westlichen Industrieländern, der in den USA in den 1970er Jahren begonnen hatte. Nach

der Kernschmelze im Reaktor TMI-2 in Harrisburg, Pennsylvania, im Jahr 1979 wurden fast zwei Drittel der US-AKW-Projekte storniert. In Europa wurden in Österreich und Dänemark die Atomprogramme sogar bereits vor der Katastrophe in Tschernobyl ad acta gelegt. Nach 1986 entschieden sich Italien, die Niederlande, Belgien, Schweden, die Schweiz und Deutschland zum Ausstieg aus der Atomenergie und setzten diesen Beschluss zum Teil auch bereits um. In Spanien gibt es ein Atom-Moratorium.

Die seit Jahrzehnten angekündigte weltweite Renaissance der Atomkraft ist bisher nicht eingetreten, und nach der nuklearen Katastrophe in Japan ist es noch unwahrscheinlicher geworden, dass Atomenergie langfristig eine wichtige Rolle im weltweiten Energiemix spielen wird. Im Gegenteil sind seitdem in einer Reihe von Ländern wie Deutschland, der Schweiz, China und nun selbst in Japan bei den Regierungen mehr oder weniger deutliche Anzeichen des Umdenkens in Richtung einer beschleunigten Energiewende zu erkennen.

© Friedrich-Ebert-Stiftung 2011