

# Weltweit mehr Atomkraft: Einsames Deutschland



Bemerkenswert ist dabei besonders, dass China auch keiner Verzichtsideologie anhängt: Der Pro-Kopf-Verbrauch soll nämlich auf 10.320 kWh/a ansteigen (Deutschland in 2014: 7.035 kWh). Um diese Planzahlen zu bewältigen, geht man von einer Steigerung der Reaktoren von 26 GW im Jahr 2015 auf etwa 554 GW in 2050 bei einer Steigerung des Kernenergieanteils an der Stromerzeugung von derzeit 3 Prozent auf dann 28 Prozent aus. Also noch durchaus weit entfernt von dem Anteil von 75 Prozent in Frankreich. Es handelt sich wohl um eine realistische Annahme.

Will man dieses ehrgeizige Ziel erreichen, muss man von jetzt an jedes Jahr 10 Reaktoren ans Netz bringen. Die Bauzeit für ein Kernkraftwerk beträgt in China 4–5 Jahre. Das bedeutet, man muss gleichzeitig bis zu 50 Baustellen im Griff behalten. Aktuell beträgt die industrielle Kapazität etwa 22 Reaktoren gleichzeitig, oder anders ausgedrückt, muss die Kapazität verdreifacht werden, da Exporte auch noch vorgesehen sind. Ob dies gelingt, sei dahingestellt. Entscheidender Engpass sind auch dort die Fachkräfte.

Wenn man in solchen Größenordnungen und (kurzen) Zeiträumen denken muss, bleibt nur erprobte Technik. Dies sind Leichtwasserreaktoren der dritten Generation. Inzwischen gibt es Betriebserfahrungen mit folgenden Typen:

- ABWR (fortschrittlicher Siedewasserreaktor) 4-mal in Japan (Kashiwazaki-Kariwa 6 und 7, Hamaoka 5 und Shika 2).
- AP1000 (Druckwasserreaktor von Westinghouse) 4-mal in China (Haiyang und Sanmen).
- VVER-1200 (Druckwasserreaktor) 2-mal in Rußland.
- EPR (Druckwasserreaktor) 2-mal in China.
- APR1400 (Druckwasserreaktor aus Korea) 2-mal in Korea.
- ACPR1000 (Druckwasserreaktor als chinesische Eigenentwicklung) 2-mal in China.

Von diesen Typen sind darüber hinaus derzeit noch zahlreiche weitere weltweit in Bau: Finnland, Frankreich, Großbritannien, Vereinigte Arabische Emirate, Korea, Russland, Türkei, Bangladesch, USA und China. Man wird sehen, ob in China nur noch Eigenentwicklungen oder auch noch Importe zum Zuge kommen werden. Letztendlich eine Frage der Kosten, des Zeitdrucks und der Kapazitäten (insbesondere Fachkräfte).

## Investitionskosten, ähnlich wie bei modernen Kohlekraftwerken

Wenn man sich – wie einst in Frankreich und Deutschland – auf wenige Typen beschränkt und diese in entsprechender Stückzahl nahezu baugleich herstellt, kann man auch die Investitionskosten für modernste Druckwasserreaktoren (z.B. AP1000) auf rund 3.000 \$/kW begrenzen. Man bewegt sich damit in der Größenordnung moderner Kohlekraftwerke nach europäischen Umweltstandards (Entschwefelung, Entstickung etc.). Man kann die Kosten aber noch weiter senken, wenn man die bestehenden Konstruktionen sicherheitstechnisch „entrümpelt“. Dieser Weg wird sowohl in Frankreich (geplanter Neubau von sechs „weiterentwickelten“ EPR), wie auch in China (Hualong) beschritten.

In der Hochzeit der „Anti-Atomkraft-Bewegung“ war deren durchschlagendes Argument die „Reaktorkatastrophe“. Gegen die Propaganda von „Millionen Tote, für zehntausende Jahre unbewohnbar“ konnte keine rationale Argumentation ankommen. Das änderte sich – jedenfalls außerhalb Deutschlands – erst durch das Unglück in Tschernobyl. In [Tschernobyl](#) geschah der schwerste mögliche Schaden: Nahezu der gesamte radioaktive Inhalt wurde wie durch einen Vulkan ausgespien. Ein solches Szenario hatten sich nicht einmal Greenpeace und Konsorten ausgedacht. Das von Hollywood ersponnene [China-Syndrom](#) war schon vorher durch den Reaktorunfall in [Three Mile Island](#) widerlegt. Es gab zwar eine Kernschmelze, aber das Corium hat sich mitnichten bis China durchgefressen. Eher ein typischer Industrieunfall, bei dem keine Auswirkungen außerhalb des Werksgeländes zu verzeichnen waren. Der Gipfel war das Reaktorunglück von [Fukushima](#). Dort gab es gleich in drei Reaktoren nebeneinander eine Kernschmelze, und das Kraftwerk wurde überdies durch eine Wasserstoffexplosion zerstört. Auch dort alles andere als eine Katastrophe. Heute kann das Werksgelände (nicht die Reaktoren) bereits wieder ohne Schutzkleidung betreten werden. Folgerichtig steigt Japan – anders als Deutschland – nicht aus der Kernenergie aus. Die Propaganda von den „Reaktorkatastrophen“ hat sich als schlechte Propaganda erwiesen. Wer immer noch solchen Gruselgeschichten anhängt, zerstört lediglich seine Glaubwürdigkeit und outet sich als Ideologe, der offensichtlich ganz andere Ziele verfolgt.

In unmittelbarem Zusammenhang mit der Beurteilung von Risiken steht die „Strahlenangst“. Über die Wirkung radioaktiver Strahlung ist (auch) in diesem Blog schon genug geschrieben worden. Wichtig im Zusammenhang mit „Reaktorkatastrophen“ ist die realistische Bewertung von Strahlenwirkungen und die daraus abzuleitenden Pläne zu Schutzzonen und Evakuierungen. Es darf jedenfalls nie mehr passieren, dass auf Grund eines mittelalterlich anmutenden Gespensterglaubens über die Wirkung ionisierender Strahlung Menschen aus ihrem sozialen Umfeld gerissen werden oder sogar sterben müssen. Die indirekten Toten durch „Hilfsmaßnahmen“ im Umfeld von Tschernobyl und Fukushima sollten ein für allemal genug sein.

## Notwendige Entrümpelung

Der Bau von Kernkraftwerken hat heute längst das Optimum von Kosten und Sicherheitsgewinn überschritten. Man ist sehenden Auges in die Falle der „Atomkraftgegner“ getappt: Indem man glaubte, sich deren Wohlwollen erkaufen

zu können, indem man jede Forderung erfüllen würde, hat man die Kosten in schwindelerregende Höhen getrieben und wird heute als Depp vorgeführt, der viel zu teure Energie produziert. Insofern weht nun aus China ein frischer Wind: Der Hualong ist soweit entschlackt worden, dass er sich in Großserie für etwa 2.000 \$/KW bauen lassen wird. Ähnlich vielversprechend sind auch die aus dem AP1000 abgeleiteten Typen.

Wohlgemerkt, es geht nicht um mangelnde Sicherheit durch Kosteneinsparung. Es gehört lediglich jede Maßnahme auf den Prüfstand. Auf Gimmicks wie „Kernfänger“, die eine Hollywood Fiktion verhindern sollen oder doppelte Betonhüllen als Schutz gegen Terroristen, kann getrost verzichtet werden. An erster Stelle steht ein sauber durchdachtes Grundkonzept (z.B. AP1000 oder passive Siedewasserreaktoren). Durch „Kernfänger“ aufgemotzte Reaktoren der II. Generation wie der EPR oder die Spagettitöpfe (mit liegenden Dampferzeugern) der Sowjetära, sind eine nicht länger konkurrenzfähige Sackgasse.

Wenn das nicht bald realisiert wird, werden zwei weitere „Reaktornationen“ vom Weltmarkt verschwinden. Alle Entwicklungsländer dürsten nach billiger elektrischer Energie. Wenn sie sich keine Kernkraftwerke leisten können, müssen sie Kohlekraftwerke bauen. Die Absatzmärkte – unter der Bedingung akzeptabler Investitionskosten – sind nicht nur vorhanden, sondern werden täglich größer. Nur China und die USA scheinen dies erkannt zu haben und sind bereit, das nötige „Kleingeld“ zu investieren. Frankreich ist viel zu klein, und die EU ist zerstritten über grüne Phantasien von Wind und Sonne. Kanada und GB kommen in diesem globalen Spiel die Rolle von Unterstützern zu, was durchaus auch profitabel sein kann.

## **Weiterentwicklung der Sicherheitskonzepte**

Im Moment steht die Weiterentwicklung der Brennstäbe im Vordergrund. Das System aus Pellets aus Uranoxid und Hüllrohren aus Zirkonium war die erste Barriere gegen die Freisetzung radioaktiver Stoffe. Leider nicht besonders belastbar. Hinzu kommt die Wasserstoffbildung bei einem Störfall. Hier ist die Anwendung der Forschung jahrelang hinterher getrödelt. Seit Fukushima sind von verschiedenen Herstellern unterschiedliche Konzepte in der Erprobung. Ein Gewinn an Sicherheit in diesem Bauteil kann unmittelbar (bedeutet in der Kerntechnik in Jahren) auf vorhandene Reaktoren übertragen werden. Gerade an diesem Beispiel zeigt sich, wie wichtig eine unabhängige und funktionstüchtige nukleare Aufsicht ist. Hätte man dies in Japan früher beherzigt, wäre das Kraftwerk in Fukushima nie so gebaut worden, und es wären somit nicht die immensen volkswirtschaftlichen Verluste zu tragen.

Heute stehen Programme und Rechner zur Verfügung, die gekoppelte Simulationen der thermodynamischen, strömungstechnischen, neutronenphysikalischen und mechanischen Beanspruchungen bei Unfällen erlauben, von denen die Konstrukteure der II. Generation nur träumen konnten. Man kann deshalb nicht nur viel genauere Ergebnisse erzielen, sondern auch unmöglich (erscheinende) Szenarien zeitnah untersuchen und vergleichen. Auch hier schreitet die Entwicklung beständig voran. Moderne Simulatoren (in jedem Kernkraftwerk vorhanden) erlauben es den Betriebsmannschaften stets auf dem neusten Stand zu bleiben, ihr Reaktionsvermögen auf unvorhergesehene Ereignisse zu schärfen

und eigene Sicherheitsbedenken zu untersuchen. Der internationale Kontakt von Betriebsmannschaften und die unmittelbare Weiterverbreitung neuer Methoden sind ein scharfes Schwert insbesondere für junge Kerntechnik-Nationen.

Kernkraftwerke sollten möglichst einfach und passiv (z.B. Naturumlauf, Druckspeicher etc.) gebaut sein. Was nicht vorhanden ist, kann auch nicht kaputt gehen. Je komplexer die Anlage, um so komplexer muss auch die Steuerungs- und Regeltechnik werden. Die Anzahl der sich einschleichenden Fehler steigt bei Software überproportional mit den Programmzeilen an. Je höher die Anzahl von Stellgliedern ist, um so mehr steigt im Notfall die Abhängigkeit von elektrischer Energie. Je mehr Kabel und Schaltanlagen, um so höher die Gefahr von Feuer und Wasser (Fukushima). Die konsequente Verwendung von FPGA (Field-Programmable Gate Array) im Sicherheitsbereich schließt z.B. die Möglichkeit von Angriffen durch Hacker aus.

### **Mit jeder Betriebsstunde steigen die Erfahrungen**

Als letzte Barriere zur Verhinderung der Freisetzung von Radioaktivität in die Umgebung dient das Containment. Wenn es groß und stabil genug ist, die gesamte freiwerdende Dampfmenge aufzunehmen und passiv in der Lage ist, die Nachzerfallswärme an die Umgebung abzugeben, stellt es das entscheidende Sicherheitsglied gegen die Umgebung dar. Es ist der Notnagel, der auch noch die letzten unvorhergesehenen Ereignisse abdeckt: Das Kraftwerk ist zwar anschließend Totalschaden, aber Auswirkungen außerhalb des Werksgeländes werden verhindert. Die Bedeutung dieses Bauteils hat sich in den Unglücken von Tschernobyl und Fukushima erwiesen. In Tschernobyl gab es überhaupt kein Containment, in Fukushima nur ein unzureichendes.

Aus dem Unglück in Fukushima als Kombination von großflächiger Naturkatastrophe und Reaktorunglück hat man weltweit die Konsequenz von regionalen Sicherheitszentren gezogen. Sie funktionieren nach dem Prinzip einer Feuerwache. Dort sind alle möglichen Gerätschaften gelagert, die selbst bei einem Reaktorunglück verwendet werden können, bei dem am Kraftwerk schwerste Zerstörungen vorliegen. Hinzu kommen Rettungsteams aus trainierten Spezialisten, die die Bedienmannschaften in den Kraftwerken unterstützen und ersetzen (z.B. notwendige Ablösungen) können.

Für die Kerntechnik gelten die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie z.B. für die Luftfahrt, Raumfahrt, Automobiltechnik etc. Mit jeder Betriebsstunde steigen die Erfahrungen und man gewinnt neue Erkenntnisse. Nur ein kontinuierlicher Betrieb gewährleistet Sicherheit. Stellt man eine bedeutende Lücke fest, beginnt die Nachrüstung der Altanlagen. Typisches Beispiel nach *Three Mile Island* war die Erkenntnis der Wasserstoffbildung aus den Brennstabhüllen. Die Ursache (Bildung von Wasserstoff aus Zirkonium bei hohen Dampftemperaturen) konnte bei diesem Reaktortyp nicht unmittelbar an der Wurzel beseitigt werden, und man setzte zusätzliche Einrichtungen zur Beseitigung des Wasserstoffs ein (waren in Fukushima nicht vorhanden, deshalb die verheerenden Explosionen).

An dieser Stelle stellt sich die Frage der „Lebensdauer“ oder eigentlich besser Nutzungsdauer eines Kernkraftwerks. Es ist keine technische Frage, sondern eine wirtschaftliche. Auch diesen Prozess kann man derzeit in Japan

beobachten. Jedes einzelne Kraftwerk wird akribisch überprüft, daraus resultierende Nachrüstungen festgelegt und anschließend die Kosten ermittelt. Für viele Reaktoren bedeutet das den frühzeitigen Tod (keine Wiederinbetriebnahme) aus Kostengründen. Der Neubau eines Kernkraftwerks wäre schlicht weg billiger.

*Dieser Beitrag erschien zuerst auf der [Achse des Guten](#) und auch auf [Klaus Dieter Humpichs Website](#)*