

Alternative Energie aus Süd-Korea

Diese Zulassung gilt international als der „Goldstandard“. Nahezu ein Muss, wenn man ein Kernkraftwerk auf dem Weltmarkt an Länder mit ausreichend harten Devisen verkaufen will – und nur das verspricht langfristig Gewinn. China versucht über eine Kooperation mit EDF, ihren HUALONG-Reaktor wenigstens in GB zugelassen zu bekommen.

Russland lernt gerade in Finnland und der Türkei, wie umfangreich und inhaltsschwer ein Genehmigungsverfahren in „westlichen Kulturen“ ist. Die sprichwörtliche Geheimniskrämerei und Arroganz gegenüber „kleinen Nationen“ ist dabei wenig hilfreich, eher hinderlich. So ist das mit viel Selbstbewusstsein gestartete Projekt Hanhikivi 1 in Finnland seit Jahren im Genehmigungsverfahren stecken geblieben. Man wollte schon 2018 mit dem Bau begonnen haben und hofft nun wenigstens auf eine Genehmigung bis 2021. Die resultierenden Kosten (Festspreisangebot) bei jetzt schon absehbarer Verzögerung um mindestens 10 Jahre könnten noch eine harte Nuss für Putin werden, stammen die Mittel doch aus dem russischen Pensionsfond. So viel vorweg, um die Leistung der koreanischen Industrie und den Startvorteil auf dem Weltmarkt richtig einzuordnen.

Ein weiterer Vorteil ist, dass mit Shin Kori 3 (seit 2016) und Shin Kori 4 (seit 2019) bereits zwei Reaktoren erfolgreich am Netz sind. Shin Kori 5 ist seit 2017 und Shin Kori 6 seit 2018 in Bau, ebenso Shin Hanul 1 und Shin Hanul 2. Vier weitere Reaktoren stehen vor der Fertigstellung in Barakah in den Vereinigten Emiraten. Was aber fast noch wichtiger in der heutigen Zeit ist, der Bau von Barakah 1 begann 2012 und die fristgerechte Fertigstellung erfolgte 2018 – in einem entfernten Land, mitten in der Wüste, fast ohne vorhandene kerntechnische Infrastruktur. Parallel musste die gesamte zugehörige Betriebsmannschaft erst ausgebildet werden, was zu einiger Verzögerung bei der Inbetriebnahme führt. Besonders attraktiv ist jedoch der Preis mit rund 3.600 US-Dollar pro Kilowatt. Wohlgermerkt für eine Energiequelle mit 90-prozentiger Verfügbarkeit gemäß Bedarf. Damit kann keine Sonnenenergie – auch nicht am Golf – konkurrieren, denn auch dort ist es des Nachts dunkel, und oft genug ist der Himmel am Tage bedeckt (jährliche Arbeitsausnutzung). Wie konnte Süd-Korea dies gelingen?

Die koreanische Geschichte der Kernkraftwerke

Korea unterteilt seine kerntechnische Geschichte selbst in vier Phasen. In der ersten Phase (1970er Jahre) wurden Kernkraftwerke vollständig importiert. In der zweiten Phase (1980er Jahre) wurden immer mehr nukleare Komponenten im eigenen Land hergestellt. Hierfür wurden enge Kooperationen – einschließlich Wissenstransfer – mit den einschlägigen Zulieferern im Ausland abgeschlossen. Hierdurch gelang es sehr schnell, eine eigene kerntechnische Industrie aufzubauen. Das Ziel der dritten Phase (1990er Jahre) war die Entwicklung eines möglichst unabhängigen (im Sinne von Lizenzbedingungen) eigenen Reaktors. Ausländische Zulieferer konnten nur noch als Subunternehmer einheimischer Zulieferer tätig werden. Es entstand der Reaktor OPR1000. Von ihm wurden im Zeitraum von 1989 bis 2015 zehn Reaktoren in Korea gebaut und

in Betrieb genommen. Parallel wurde die komplette kerntechnische Infrastruktur von Forschung, Entwicklung, Schulung, Genehmigungsverfahren und so weiter installiert. Aus Korea wurde eine international respektierte Kernenergienation. Ausdrücklich ohne jedes militärische Interesse. Ganz im Gegensatz zum Glaubensbekenntnis tumber „Atomkraftgegner“, dass Kernenergie immer einen militärischen Hintergrund hat. Im rohstoffarmen Südkorea ging es vielmehr um eine gesicherte Eigenversorgung mit Energie und hochwertige Exportgüter. Bis hierher, eine Menge Parallelen zu Deutschland ...

Nach dem Reaktorunfall in Harrisburg USA und Tschernobyl in der Sowjetunion setzte weltweit ein Run auf die Entwicklung noch sicherer Reaktoren der sogenannten „III. Generation“ ein. Eine (teilweise) Kernschmelze wie in Harrisburg sollte noch unwahrscheinlicher werden, und selbst über die bisherigen Auslegungskriterien hinausgehende Unfälle sollten in ihre Wirkung auf das Betriebsgelände beschränkt werden. Aus diesen Überlegungen entstand in Südkorea seit Anfang des Jahrhunderts der Typ APR1400. Man orientierte sich wieder an den USA (Modell 80+ von Combustion Engineering), achtete aber auf eine Unabhängigkeit über Lizenzerwerb und konsequente Entwicklung eigener Berechnungs- und Konstruktionsverfahren. Heute kann man ein komplettes Kernkraftwerk der Generation III, einschließlich (digitaler) Steuerung und Regelung und aller nuklearen Komponenten bauen. Ein Zustand, den China gerade erst erreicht und Russland immer noch nicht erreicht hat (Regelung, Turbine etc.).

Wie sich durch Projekte in Flamanville (EPR in Frankreich) oder Vogtle (AP1000 in USA) zeigt, ist aber die nahezu wichtigste Voraussetzung für die Einhaltung geplanter Bauzeiten eine geübte Mannschaft an qualifizierten Fachleuten. Südkorea hat dies durch den kontinuierlichen Ausbau erreicht. Eine jahrzehntelange Unterbrechung hingegen bedeutet faktisch einen Neuanfang in der Kerntechnik. Wissen und Übung geht schlichtweg verloren. Ferner ist für die Kosten auch eine möglichst einfache Konstruktion erforderlich. Jeder Kubikmeter umbauter Raum treibt die Kosten vielfach, jede Schweißnaht auf der Baustelle ist eine potenzielle Fehlerquelle und so weiter.

Kein ideologischer Aktionismus wie in Deutschland

Der APR1400 ist, wie oben bereits gesagt, eine konsequente evolutionäre Weiterentwicklung vorhandener Druckwasserreaktoren. In jedes Bauteil sind die Betriebs- und Montageerfahrungen der vorausgegangenen 10 OPR 1000 eingeflossen. Eine schrittweise Entwicklung, wie man sie zum Beispiel auch aus der Automobilindustrie (vom Golf x, über den Golf y zum Golf z) kennt. Entwicklungssprünge und Verfahrenswechsel hingegen (zum Beispiel vom Käfer mit luftgekühltem Benzinmotor auf den Golf Diesel) sind immer mit Risiko und Kinderkrankheiten verbunden. Mit anderen Worten, man hat gar nicht versucht, den „Superreaktor“ zu bauen, sondern vielmehr eine solide Arbeitsmaschine, die dafür aber kostengünstig ist.

Bei den Sicherheitsanforderungen eines Reaktors der sogenannten „dritten Generation“ hat man sich konsequent an den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in den USA (CE80+ von Combustion Engineering/Westinghouse) orientiert. Die dort entwickelten Rechenprogramme und Versuche an Modellen und in Kraftwerken haben die Zulassung enorm

beschleunigt. Dies betrifft ganz besonders auch die Werkstoffe, denn anders als zum Beispiel in der „Klimafolgenforschung“ muss jedes Rechenprogramm seine Aussagefähigkeit durch Nachrechnung von Versuchen unter Beweis stellen. Eine höchst kosten- und zeitintensive Angelegenheit.

Bei der Konstruktion und Zulassung hat man gleich ein „Plant Life“ von 60 Jahren angesetzt. Es scheint leider immer wieder notwendig, darauf hinzuweisen, dass es bei einem Kernkraftwerk keine technische Lebensdauer gibt, sondern lediglich eine wirtschaftliche. So ist zum Beispiel die Betriebserlaubnis für vier Kraftwerke in den USA (Peach Bottom 2,3 und Turkey Point 3,4) bereits auf 80 Jahre verdoppelt worden. Alles hängt nur von den Wartungs- und Modernisierungskosten ab. So gibt es andererseits zum Beispiel in Japan Kraftwerke jüngeren Datums, die wegen erforderlicher Anpassung an heutige Sicherheitsanforderungen (Tsunami) nicht mehr zu vertretbaren Kosten nachrüstbar sind. Von ideologischem Aktionismus wie in Deutschland gar nicht zu reden.

Südkorea kann eine Eigenentwicklung anbieten

Eine Orientierung bietet immer der Verschleiß (Neutronenbeschuss) des Reaktordruckgefäßes. Heute besitzt man spezielle Werkstoffe und ein besseres Verständnis der Zusammenhänge als noch vor 50 Jahren. So kann man einen rechnerischen Nachweis für mindestens 60 Jahre erbringen. Entsprechend der später tatsächlich aufgezeichneten Belastungen kann die „Lebensdauer“ weiter angepasst werden.

Ähnlich sieht es mit den Dampferzeugern aus. Einerseits hat sich die Qualität, die Wasserchemie, die Werkstoffe (Inconel 690) und so weiter bedeutend verbessert, andererseits kann man schlicht durch eine Überdimensionierung eine Reserve schaffen. So besitzt jeder der zwei Dampferzeuger 13.102 Rohre, von denen bis zu 10 Prozent ohne Leistungseinbuße verschlossen werden können.

Der Brennstoff ist für Wechselintervalle von mindestens 18 Monaten ausgelegt. Dies erlaubt eine Arbeitsverfügbarkeit von deutlich über 90 Prozent. Die Instrumentierung und Steuerung ist voll digital. Südkorea kann eine Eigenentwicklung anbieten. Es handelt sich um eine offene Architektur, die ebenfalls eine Nutzungsdauer von zig Jahrzehnten auch bei Hardware-Veränderungen erlaubt. Die Steuerung ist so konzipiert, dass der Reaktor voll automatisch Laständerungen folgen kann.

Anders als zum Beispiel bei dem französischen EPR wurde auf sicherheitstechnischen Schnickschnack wie eine doppelte Betonhülle (gegen fiktive Flugzeugabstürze und Terror) und einen „Core Catcher“ (gegen Hollywoods China Syndrom) verzichtet. Beides Kostentreiber. Trotzdem wurde die Wahrscheinlichkeit für eine Beschädigung des Kerns (Unfall in Harrisburg) auf unter ein Ereignis in 100.000 Reaktorbetriebsjahren und ein Containment-Versagen (Fukushima) mit Freisetzung von Radioaktivität auf weniger als einmal in 1 Million Reaktorbetriebsjahren gedrückt.

Reaktorkern

Ein Reaktorkern muss stets ausreichend gekühlt werden (Nachzerfallswärme nach Abschaltung). Wenn Kühlmittel verloren geht (zum Beispiel Bruch einer Rohrleitung) muss dies sofort ersetzt werden. Der APR1400 besitzt hierfür einen ausreichend großen Tank innerhalb des Sicherheitsbehälters (IRWST, *in-containment refueling water storage tank*). Einem Wasserverlust und damit Druckverlust im Primärkreislauf wird passiv durch einen Druckspeicher entgegengewirkt. Es ist ein Druckbehälter mit Stickstoffpolster, der ab einem Systemdruck von 40 bar etwa 51 m³ nachspeisen kann. Es ist ein passives Sicherheitssystem (keine Fremdenergie nötig), das automatisch auslöst. Zusätzlich gibt es vier völlig voneinander getrennte Noteinspeisungen, die mit elektrischen Pumpen oder Dampfturbinen betrieben werden. Sie speisen direkt über eigene Anschlüsse in den Druckbehälter – oder, wenn noch möglich – in die Dampferzeuger ein.

Bei Störfällen, die über die Auslegung hinausgehen, wird zusätzlich die Grube, in der sich der Reaktordruckbehälter befindet, mit Wasser gefüllt. So wird der Druckbehälter auch dann dauerhaft gekühlt, wenn bereits eine Kernschmelze eingetreten ist (Fukushima). In den ersten 30 Minuten laufen alle Maßnahmen ohne jeden Eingriff des Betriebspersonals ab. Man will damit Fehlbedienungen (Harrisburg) verhindern, bis das Personal sich einen detaillierten Überblick verschafft hat und wieder etwas Ruhe eingekehrt ist. Die weitere Notkühlung ist für einen automatischen Betrieb über acht Stunden ausgelegt. Genug Zeit, um auch Hilfe von außen heranzuführen zu können.

Das Containment besteht aus einem zylindrischen Spannbetonbehälter. Er übernimmt den Schutz gegen Einwirkungen von außen (Flugzeugabsturz, Terror und so weiter). Gleichzeitig verhindert er die Freisetzung von radioaktiven Stoffen auch bei schwersten Störfällen mit zerstörtem Kern. Gegen Wasserstoffexplosionen (Fukushima) gibt es 30 Katalysatoren und 10 Zündeinrichtungen, die gefährliche Konzentrationen verhindern. In dem Sicherheitsbehälter befinden sich Sprinkler, die radioaktive Stoffe (zum Beispiel Jod) aus der Atmosphäre im Containment auswaschen können, bevor sie über die Filteranlagen und den Kamin in die Umwelt gelangen (Tschernobyl, Fukushima). Zusätzlichen Schutz gegen Einwirkungen von außen bietet die Architektur: Alle Hilfs- und Nebengebäude sind schützend um das Containment angeordnet. Dabei wird das Prinzip vierfacher Sicherheit beibehalten. Es gibt vier hermetisch voneinander getrennte Gebäudeteile. Sie sind durch Brandmauern und Flutschutz (Fukushima) vollständig getrennt.

Bauweise

Durch den konsequenten Einsatz von 3-D-Simulationen und Baustellenmanagement konnte die Bauzeit schon bei Shin-Kori 3&4 auf 55 Monate (vom ersten Beton der Grundplatte bis zur Übergabe) beschränkt werden. Bei einem „Bau in Serie“ geht man von 48 Monaten Bauzeit aus. Dies wird auch durch eine Sektionsbauweise mit vorgefertigten Modulen, Einsatz von Schweißrobotern, Einbringung von Dampferzeugern und Druckgefäß von oben mittels Schwerlastkran und so weiter erreicht. Wichtig ist die kontinuierliche Auslieferung von Kernkraftwerken im In- und Ausland. Nur so kann auf allen Teilgebieten mit

geübten Fachkräften gearbeitet werden und Erfahrungen geteilt werden. Reißt die Pipeline für viele Jahre ab – wie in USA und Frankreich geschehen – fängt man quasi wieder von vorne an. Kraftwerksbau wird zum unkalkulierbaren wirtschaftlichen Risiko (gemacht).

Südkorea und China beweisen, dass Kernenergie immer noch die kostengünstigste und zuverlässigste (vom Wetter unabhängig) Methode ist, elektrischen Strom zu erzeugen. Selbst in Ländern, in denen fossile Energieträger (USA, China, Indien, arabischer Raum) reichlich vorhanden sind. Man muss es nur richtig machen!

Druck- und Siedewasserreaktoren sind noch lange nicht an ihrem technologischen Ende angekommen. Genauso wenig, wie Heizkessel durch Wärmepumpen und „Mao-Diesel“ verdrängt worden sind, obwohl das schon vor fast 50 Jahren in den Ölkrisen 1973 und 1976 prophezeit wurde. Es gilt auch weiterhin die Kostendegression durch Anlagengröße. Reaktorgrößen zwischen 1.000 und 1.500 MWel werden deshalb weiterhin gebaut werden. Industriell gefertigte Kleinreaktoren (SMR) werden noch für lange Zeit ein Nischenprodukt bleiben. Betrachtet man die Gesamtkosten (Personal, Bewachung, Wiederholungsprüfungen und so weiter), werden sie noch unter Beweis stellen müssen, dass die Stromkosten tatsächlich geringer sind.

Vergleicht man Deutschland und Südkorea, stellt man eine Menge Parallelen fest. Nicht nur die Rohstoffarmut und das Wiedererstehen nach schrecklichen Kriegen. Wenn Deutschland nicht von öko-sozialistischen Irrlehren heimgesucht worden wäre und es in der Energiewirtschaft Unternehmer (ein Unternehmer unternimmt etwas) an der Stelle von Kombinarsleitern (sich selbst als ausführender Arm der Politik verstehend, nur auf staatliche Subventionen schießend) geben würde, wäre Deutschland noch heute ein hoch geschätzter Lieferant von Kraftwerken auf dem Weltmarkt. Wohlstand durch Exporterfolge wäre garantiert und als Bonbon zusätzlich „billige Strompreise“ im Inland und nicht Zwangsabschaltungen von „Kleinverdienern und Rentnern“. Wie ging noch mal das Märchen von „Hans im Glück“?

Dieser Beitrag erschien zuerst auf Klaus-Dieter Humpichs Blog [NukeKlaus](#).