

Kernkraftwerk Temelín – Sicherheitstechnische Aspekte

Dipl. Ing. Dalibor Stráský, Salzburg, Oktober 2005

Einführung

Die Tschechische Republik ist ein traditioneller Industriestandort. Bereits im vorigen Jahrhundert wurde Schwerindustrie angesiedelt, die entstandene Struktur ist bis heute bestimmend.

Die Industrialisierung wurde nach dem 2. Weltkrieg und auch nach der kommunistischen Wende im Jahre 1948 weiter vorangetrieben. Damals mußte auch auf die strategischen Ziele der Sowjetunion Rücksicht genommen werden, was zu einer beständigen Forcierung der Schwerindustrie und zu unübersehbaren Strukturproblemen führte.

In den 50er Jahren begann die Ausbeutung der nordböhmischen Uranlagerstätten. Für den Abbau wurden zehntausende politische Häftlinge eingesetzt, die gesamte Produktion wurde der Sowjetunion für ihr Atomprogramm zur Verfügung gestellt. Die meisten Lagerstätten waren bis 1970 erschöpft, sodaß die Tschechische Republik heute über keine reichhaltigen Uranerzlagerstätten mehr verfügt. Der nukleare Brennstoff wurde ausschließlich aus der Sowjetunion bezogen.

In den 60er Jahren begann ein weiteres Problem der tschechischen Energiewirtschaft deutlich zu werden: die Erschöpfung der Kohlelagerstätten. Die Qualität der Kohle verschlechterte sich rapide, was vor allem zu erhöhten Emissionen von Kesselanlagen führte. Die Luftverschmutzung wurde zu einem sehr ernstem Problem und ist es bis heute geblieben.

Trotz der fehlenden Nachhaltigkeit und offensichtlichen Zukunftslosigkeit der Energiepolitik wurden keine Versuche unternommen, die Lage in den Griff zu bekommen. Die Umrüstung der kalorischen Kraftwerke auf neue Verbrennungstechnologien oder zumindest der Einbau von Entschwefelungs- und Entstickungsanlagen wurde als "unproduktive Investition" immer wieder aufgeschoben, die sich mehrenden Stimmen der Opposition wurden unterdrückt. Die Ineffizienz des Energieeinsatzes wurde beständig erhöht. In vielen Bereichen wurde die Verschwendung als Folge der Planwirtschaft institutionalisiert. Alle heutigen Manager und Energiefachleute haben diese Verhältnisse in ihrer Ausbildung und Tätigkeit als völlig normal erlebt. Diese Tatsache könnte als Erklärung dafür dienen, warum auch gegenwärtig keine entscheidenden Reformschritte im Energiesektor unternommen werden.

Die beginnende Nutzung von Kernenergie für die Stromproduktion hat ebenfalls die Verschwendungsmentalität gefördert, da völlig unrealistische Versprechungen über Menge und Preis der erzeugten Elektrizität gemacht wurden. In der Kernenergie sah die offizielle Politik den Ausweg und die endgültige Lösung aller Energieprobleme.

Bau des Kernkraftwerkes in Temelín ist der Bestandteil der in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts entstandenen Energiepolitik.

KKW Temelín

Das KKW Temelín befindet sich etwa 25 km nördlich von Budweis. Ursprünglich war der Standort Temelín für vier Blöcke WWER-1000 vorgesehen worden. Mit Betonierarbeiten für das Fundament des 1. Block wurde im Jahre 1987 begonnen. Die Baubewilligung für den 3. und 4. Block ist im Jahre 1989 ausgelaufen und nach der Wende ist nicht mehr von den damaligen zuständigen Organen erneuert worden. Heute befinden sich in Temelín also zwei Blöcke mit Reaktoren WWER-1000, von denen der erste im Jahre 2001 und der zweite um ein Jahr später in Betrieb genommen worden ist.

Technische Daten :

Wärmeleistung	3000 MW
elektrische Leistung (brutto)	1000 MW
Eigenbedarf	80 MW
Wirkungsgrad (brutto)	32,4%
Betriebsdruck	15,7 MPa
Eintrittstemperatur am Reaktor	289,8 °C
Austrittstemperatur am Reaktor	320,1 °C
Brennstoffbeschickung	92 t
Anzahl der Brennelemente	163
Anzahl der Brennstäbe je Brennelement	312
Anzahl der Regelstäbe	61
Anzahl der Absorptionsstäbe im Cluster	18
Anreicherung (erste Beschickung)	1,3 - 3,8 % ²³⁵ U
Brennelement - Gewicht	766 kg
Brennstoff im Brennelement	563 kg
Abbrand maximal	60 MWd/kg
Kernhöhe	3,53 m
Kerndurchmesser	3,16 m
Durchmesser der Primärrohrleitung	850 mm
Reaktordruckbehälter (RDB)- Höhe	10,9 m
RDB - Durchmesser innen	4,1 m
RDB - Durchmesser aussen	4,5 m
Gewicht	cca 800 t
2 Turbosätze je	1000 MW _e
Drehzahl der Turbine	3000min ⁻¹
Ins Netz gespeiste Leistung	2x912 MW _e

Einige sicherheitstechnischen Schwachstellen

Belastung des Reaktordruckbehälters durch Neutronenfluss

Die besonders kompakte Bauweise der VVER Reaktoren führt zu einer erhöhten Beanspruchung des Druckkessels. Um trotz der äußeren Beschränktheit des Druckgefäßes eine Wärmeleistung von 3000 MW zustandezubringen, reicht die möglichst große Ausdehnung der Spaltzone selbst nicht aus. Daher muß die Leistungsdichte in der Spaltzone auf 110 kW/l erhöht werden.

Damit hängt auch Problem des hohen Neutronenflusses an den Wand des Reaktordruckbehälters zusammen. Der Reaktordruckbehälter ist aus dem Stahl 15Ch2NMFAA hergestellt, legiert mit Nickel. Nickel unter Strahlung verursacht eine Erhöhung der Versprödung des Behältermaterials, verstärkt durch den hohen Neutronenfluss infolge des konstruktiv bedingten geringen Wasserspalt zwischen Reaktorkern und Reaktordruckbehälter. In Schweißnähten befindet sich 1,7% Nickel. Der Einfluss auf Versprödung des Materials mit Nickelgehalt von mehr als 1,5% ist aber unbekannt. Firma Westinghouse (Hersteller der Brennelemente sowie der Regelsysteme für Temelin) hat sich vertraglich verpflichtet, dass die von ihr getroffenen Massnahmen im Bereich Brennstoff die

Situation mit dem hohen Neutronenfluss nicht verschlechtern. Die nach deutschem Regelwerk geforderte Begrenzung der Fluenz wird beim KKW Temelin nicht erfüllt.

Das bedeutet, dass das Problem bleibt nach wie vor und für die Anlage Sicherheitsmangel darstellt. Tatsächlich ist aus den sgn. Kartogrammen (Schema der Lokalisierung der Brennelemente mit unterschiedlichen Anreicherungen mit dem ^{235}U im Kern des Reaktors) zu sehen, dass am äusseren Rande des Kerns Brennelemente mit einer ziemlich hohen Anreicherung eingeführt worden sind (3,67% am Rande, 3,86% in der zweiten Reihe).

Dampferzeuger

Risiko eines Bruches des Dampferzeugerkollektordeckels ist in den Sicherheitsüberlegungen gar nicht gelöst worden und die Anlage in Temelin wäre nicht imstande Folgen von dem Störfall zu beherrschen. Es handelt sich dabei um Störfall, der zu der gesamten Höhe des CDF (Core Damage Factor – in Grunde genommen Wahrscheinlichkeit, mit der zum Störfall mit der Kernschmelze kommt) aus 60% beiträgt. Bruch an der Stelle bedeutet sofortige Öffnung der Primärkühlmittelleitung.

Die +28,8 m Bühne

Die Sicherheitseinrichtungen des Frischdampfsystems (Abblaseregel- und Sicherheitsventile, Frischdampfabschlussarmaturen) sind bei allen WWER-1000-Anlagen gemeinsam mit den Frischdampf- und Speisewasserleitungen in einem Raum außerhalb des Containments (28,8 m-Bühne) ohne räumliche Trennung untergebracht. Da beim Versagen von Rohrleitungen Folgeschäden an benachbarten sicherheitstechnisch relevanten Komponenten bzw. Einrichtungen eintreten können, die zu nicht auslegungsgemäßen Störfallabläufen führen, haben Sicherheitsbewertungen (z. B. IAEA) dies als Defizit (z.B. Gefährdung der Integrität von Komponenten) ausgewiesen und Gegenmaßnahmen empfohlen.

Aus dem deutschen Regelwerk bzw. der Genehmigungspraxis ergibt sich, dass zum Schutz gegen Folgeschäden von Rohrleitungsbrüchen zwei unterschiedliche Arten von Maßnahmen zu treffen sind. Durch die eine Art wird das Versagen der betreffenden Rohrleitungen auf solche Ausströmquerschnitte begrenzt, dass ein Folgeversagen durch schlagende Rohrleitungen nicht mehr zu unterstellen ist. Die andere Art von Maßnahmen besteht in einer räumlichen Trennung der Rohrleitungen, so dass ein Rohrleitungsversagen auf die versagende Rohrleitung beschränkt bleibt.

Aufgrund der Ausführung der Rohrleitungen sowie der Gestaltung der Räumlichkeiten sind bei der Anlage Temelin für diese Arten von Maßnahmen nicht die Voraussetzungen gegeben.

Als Maßnahmen zur Vermeidung von Folgeschäden werden in Temelin, wie auch z.T. international üblich, Rohrausschlagsicherungen verwendet. Das Konzept folgt den Sicherheitsanforderungen des amerikanischen Regelwerks, die nach Vorgabe des SUJB zu erfüllen waren. Auf der Basis von Spannungskriterien wurden im Rahmen des tschechischen Genehmigungsverfahrens Bruchorte ermittelt und diese durch Anbringung von Rohrausschlagsicherungen so abgesichert, dass durch Brüche an diesen Stellen keine Folgeschäden an weiteren wichtigen sicherheitstechnischen Komponenten bzw. Einrichtungen entstehen. Die Untersuchungen der GRS zeigen, dass die methodische Vorgehensweise zur Bestimmung der anzunehmenden Bruchorte und der weiteren Parameter (Bruchform, -lage und -zeit) dem gültigen amerikanischen Regelwerk folgt, das auch - abweichend vom deutschen Standard - in anderen westlichen Ländern Anwendung findet.

Die für KKW Temelin entwickelte Rohrausschlagsicherung ist aus Sicht der GRS in ihrer Wirksamkeit eng bezogen auf idealisierte Bruchannahmen. Darüber hinaus ist das Aufschweißen von Halteplatten auf die drucktragende Wand - obwohl nach den Regelwerken

verschiedener Länder zulässig - aus Sicht der GRS keine zeitgemäße technische Ausführung für die Lösung derartiger Fragestellungen.

Sicherheitshülle

Das Containment des KKW Temelín entspricht nicht modernen Konzepten und Anforderungen. Die Anlage wurde sogar abweichend von damaligen international anerkannten Sicherheitsstandards geplant.

- Die für Festigkeitsberechnungen beim KKW Temelín angenommene Masse des aufprallenden Flugzeugs ist nur halb so groß wie in den deutschen Leitlinien gefordert. In einigen Unterlagen wird von einer angenommenen Masse von 10.000 kg gesprochen, nach anderen Unterlagen beträgt diese Masse sogar lediglich 7.000 kg. Als Grenzvariante wird in einigen Fällen zwar mit der in deutschen Leitlinien geforderten Masse von 20.000 kg gerechnet, dafür wurde die Aufprallgeschwindigkeit herabgesetzt. Auch die Lasteinwirkungsdauer ist mit 52 ms kürzer als in den deutschen Leitlinien (70 ms).
- Wie aus den Unterlagen hervorgeht, sind nicht alle möglichen Kombinationen der Last und Aufprallgeschwindigkeit untersucht worden.
- Das Containment im KKW Temelín ist eine einschalige Konstruktion, die sowohl die inneren Belastungen als auch die äußeren Einwirkungen unmittelbar aufnehmen muß. Es gibt also auch keinen Zwischenraum, in dem eventuelle Freisetzungen der Radioaktivität überwacht werden könnten.
- Die Bahn des Rundlaufkrans stützt sich über Konsolen unmittelbar am Containment ab, während sie bei deutschen Druckwasserreaktoren auf Strukturen, die innerhalb des Containments errichtet sind, abgestützt wird.
- Das Containment verfügt über keine Kernschmelz-Kühlvorrichtung.
- Bei bestimmten Unfallszenarien (GAU + Ausfall der Eigenversorgung) versagt das Containment nach Berechnungen bereits in weniger als einer Stunde.
- Nach dem Berechnungsmodell der deutschen GRS muß etwa bei einem Flugzeugabsturz mit dem Durchdringen der Containmentschale gerechnet werden.

Qualitätssicherung

Schon der Bericht der IAEO aus dem Jahre 1990 enthält eine Kritik des Zustandes auf der Baustelle und stellt fest, dass die Qualitätskontrolle entspricht nicht dem internationalen Standard.

Noch im Jahr 1994 berichtet die staatliche Nuklearaufsicht über "schwankende technologische Disziplin" am Bau, der Bauherr wurde wegen entsprechender Mängel mit Geldstrafen belegt. In der Folge mußte z.B. die Firma Montas Schweißarbeiten einstellen, da sie nicht imstande war, die Qualitätsanforderungen zu erfüllen.

Auszug aus dem Sicherheitsbericht 1996 (SÚJB):

Im Bereich Sicherstellung der Qualität von Montagearbeiten in beiden Blöcken ist es, ähnlich wie in früheren Jahren, in einigen Fällen zu einer folgewardrigen Erfüllung der Anforderungen an die Qualitätsprogramme und technische Bedingungen gekommen. Es handelt sich z.B. um die Qualität der Schweißarbeiten, den Umgang mit nicht rostenden Materialien und die Sauberkeit während der Montage von wichtigen Komponenten und Systemen.

Inspektoren von SÚJB haben wieder Mängel im Bereich der Qualifikation des Personals festgestellt, welches die Schweißarbeiten durchführt.

Einen Überblick über die Feststellungen der Atomaufsichtsbehörde bringt die Tabelle 1.

Tabelle 1: Feststellungen der Atomaufsichtsbehörde im Bereich Qualitätssicherung

	Jahr	Anmerkung
Qualitätssicherungsprogramme nicht erfüllt	1988	
- Ö-	1990	Gesamtprogramm nicht vorhanden
- Ö-	1993	
- Ö-	1996	
- Ö-	1997	Geldstrafe von 200 000,- CZK
- Ö-	1998	
- Ö-	1999	Geldstrafe von 1,45 Mio CZK, nach Berufung auf 1 Mio CZK reduziert
- Ö-	2000	
Mangelhafte Schweißarbeiten, bzw. Qualifikation der Arbeiter	1994	Firma MONTAS musste Arbeit einstellen
- Ö-	1996	
- Ö-	1997	
- Ö-	1998	
- Ö-	1999	Geldstrafe von 1,45 Mio CZK, nach Berufung auf 1 Mio CZK reduziert
Technische Bedingungen für Montage nicht erfüllt	1993 1994 1999	Geldstrafe von 500 000,- CZK
Unordnung bei der Montage	1994 1996 1997 1999	
Mangelhafte Programme für Revisionen	1998 1999	
Mangelhafte Projektkontrolle	1994	Geldstrafe von 100 000,- CZK
Unzureichendes Kontrollsystem in CEZ	1996 1999	
Probleme mit Bereitschaft der Steuersysteme	1998 1999 2000	

Die Qualitätssicherung und Sicherheitskultur im KKW Temelin stellt das grösste Problem dar, das Konsequenzen in allen Bereichen der technischen Sicherheit hat. Die Atomaufsichtsbehörde stellt Probleme in diesem Bereich jedes Jahr in den Jahresberichten fest, sie ist aber nicht imstande, Ordnung einzuführen.

Störanfälligkeit der Anlage

Im Zeitraum vom 13.7.2000 bis 8.6.2004 haben die NGO insgesamt 81 Störfälle in Temelin aufgelistet. Bei der Inbetriebnahme kommt zwar öfter zu Störfällen, die Häufigkeit in Temelin scheint aber ausnahmsweise zu sein. Besonders störanfällig sind die Turbosätze (Prototyp von Skoda).

Zu den schwerwiegendsten Ereignissen gehört der Störfall vom 7. Februar 2002 im Block 1. Auszug aus dem Bericht der österreichischen Experten:

Am 7. Februar 2002 wurde um ca 8:00 Uhr am Block 1 des AKW Temelin ein Test des elektrischen Schutzsystems des Generators (1) durchgeführt. Während dieses Tests bewirkte um 8:06 Uhr **ein falsches Signal** die Öffnung des Leistungsschalters (2) des Generators und trennte den Generator von der Dampfturbine (3) und in weiterer Folge die Turbine vom Netz (4). Das Kontrollsystem zur Leistungsbegrenzung reduzierte die Leistung des Reaktors (5) durch automatisches Einfahren der Regelstäbe (6) in den Reaktor auf etwa 38 Prozent der vollen Leistung. Die Produktion von Dampf in den Dampferzeugern (9) wurde hierdurch reduziert. Der vorhandene Dampf aus den Dampferzeugern hätte zur Gänze automatisch über die Turbinenumleitstation (7) an der Dampfturbine (3) vorbei in den Turbinenkondensator (8) geleitet werden sollen. Im Turbinenkondensator wäre der Dampf zu Wasser kondensiert und in die Dampferzeuger (9) als Speisewasser zurückgepumpt worden. **Von den sechs Dampfventilen der Turbinenumleitstation (7) öffneten sich nur zwei, die anderen fielen aus und blieben geschlossen.** Dadurch konnte nur ein Teil des produzierten Dampfes in den Turbinenkondensator gelangen und in weiterer Folge kondensieren. Der überschüssige Dampf, der nicht kondensiert werden konnte, bewirkte einen raschen Anstieg des Druckes im Dampfverteiler (10), was zur automatischen Öffnung der Dampf-Abblaseventile (11) führte. Somit wurde ein weiterer Anstieg des Druckes im Dampfverteiler gestoppt. Über die Dampf-Abblaseventile BRU-A (11) gelangte der überschüssige Dampf in die Atmosphäre. Dieser aus dem Sekundärkreis stammende Dampf war nicht radioaktiv. Während der Phase des Druckanstieges im Dampfverteiler (10) wurde eine der zwei in Betrieb befindlichen dampfgetriebenen Hauptspeisewasserpumpen (12) wegen Überdrehzahl automatisch abgeschaltet. Dadurch fiel die Bespeisung des Dampferzeugers (9) durch diese Pumpe aus. Bei der zweiten Hauptspeisewasserpumpe (12) machte sich **ein Fehler im Drehzahlüberwachungssystem** bemerkbar, während dessen der Druck am Pumpenaustritt - bedingt durch den Druckanstieg im Dampfverteiler anstieg. Diese Umstände führten in der Folge dazu, daß der Speisewasserdurchsatz zu den Dampferzeugern (9) durch die zweite Hauptspeisewasserpumpe wegen zu hohem Gegendruck am Stutzen des Pumpenaustrittes systembedingt zum Erliegen kam, obwohl die Pumpe arbeitete. Somit konnten die Dampferzeuger nicht mehr mit Speisewasser versorgt werden. Da die zweite Hauptspeisewasserpumpe (12) scheinbar in Funktion blieb, verzeichnete das automatische System zur Begrenzung der Reaktorleistung, die Dampferzeuger würden weiterhin mit Wasser bespeist, und reduzierte die Reaktorleistung nicht. Das System erkannte somit nicht, daß die Bespeisung der Dampferzeuger (9) völlig zum Stillstand gekommen war. Da kein Wasser mehr in die Dampferzeuger gespeist wurde, verdampfte das Wasser in den Dampferzeugern, was zu einer raschen Absenkung des Wasserspiegel (13) führte.

Zeit 8:07 _ 8:10 Uhr

Der Abfall des Wasserspiegels (13) in den Dampferzeugern löste automatisch - wie in einem solchen Fall vorgesehen - das Signal zum Start der Hilfsspeisewasserpumpen (14) aus, um die Bespeisung der Dampferzeuger mit Wasser aus dem Turbinenkondensator (8) zu reaktivieren. **Von zwei erforderlichen Pumpen startete jedoch nur eine.** Die zweite Pumpe lief infolge **eines Fehlers in der Leittechnik** nicht an. Eine Hilfsspeisewasserpumpe alleine war jedoch nicht in der Lage, ein weiteres Absinken des

Wasserspiegels (13) in den Dampferzeugern zu verhindern. Dies setzte folgende vorgesehene Automatik in Gang: Es wurden zwei der vier arbeitenden Hauptkühlmittelpumpen (15) automatisch abgeschaltet, das Signal zur Schnellabschaltung des Reaktors (5) durch Einführen der Regelstäbe (6) wurde automatisch ausgelöst, und in der Folge wurden die Notspeisewasserpumpen (16) gestartet. Diese speisten relativ kaltes Wasser aus dem Notspeisewassertank (17) in die Dampferzeuger (9) ein. Diese Maßnahmen stabilisierten den Wasserspiegel (13) in den Dampferzeugern, d.h. der Wasserspiegel sank nicht weiter.

Zeit: 8:17 Uhr

Durch den Eintrag von relativ kaltem Wasser aus dem Notspeisetank (17) in die Dampferzeuger kam es zu einer starken Kondensation von Dampf in den Dampferzeugern (9), was durch die damit verbundene rasche Volumenreduktion des Dampfes sofort zu einer raschen Absenkung des Druckes im Dampfverteiler (10) führte und damit zum Schließen der Dampf-Abblaseventile der BRU-A Station (11). Da der Druck unter 4,9 MPa gesunken war, reagierte das Leitsystem, als ob eine Dampfleckage aus dem Dampferzeugersystem vorläge und es wurde automatisch das Signal „Dampfleck“ aktiviert, wenngleich ein Leck im Dampfsystem nicht vorlag. Gleichzeitig stellte das Leitsystem eine Temperaturdifferenz von mehr als 75 Grad zwischen dem Druckhalter (18) und den Dampferzeugern (9) fest und verzeichnete im Heissen Strang (19) der Dampferzeuger eine Temperatur von über 200 Grad. Diese Signale bewirkten - wie vorgesehen - den Start aller Notsysteme des Reaktors (5). Somit funktionierte alles vorschriftsgemäß. Sobald das Signal „Dampfleck“ gegeben wurde, starteten alle drei Hochdruck-Borwasser-pumpen (20) und begannen hochkonzentrierte Bor-Wasserlösung aus dem Borwassertank (21) in das Kühlsystem des Reaktors (5) einzuspeisen. Die Hochdruck-Borwasserpumpen liefen auslegungsgemäß 30 Minuten lang und förderten in dieser Zeit 9,45 Kubikmeter Borwasser in das Kühlsystem des Reaktors (5). Durch diese Maßnahme wurde sichergestellt, daß der Reaktor auf alle Fälle im abgeschalteten Zustand verbleibt. Zusätzlich löste das Signal „Dampfleck“ das schnelle Schließen der Dampfabsperrventile (22) aus und die übrigen zwei arbeitenden Hauptkühlmittelpumpen (15) wurden automatisch abgeschaltet. Das Schließen der Dampfabsperrventile (22) bewirkte eine Reduktion der Abgabe von Wärme aus dem Reaktor (5) in die Dampferzeuger (9).

Die Beschreibung zeigt deutlich, dass die Probleme im Bereich Zuverlässigkeit der Komponenten zu finden sind.

Der Überblick über die grössten Sicherheitsmängel weisen darauf hin, dass der Betrieb der Anlage in Temelin kaum zu akzeptieren ist.

Quellenverzeichnis

Pavlovec, R., Stráský, D.: AKW Temelin - Bericht zur ökonomischen und technischen Situation der geplanten Fertigstellung, Budweis, Linz, November 1997

Kol.: Report on Nuclear Safety and Radiation Protection for Temelín Nuclear Power Plant, Unit 1, Czech German Commission for the Safety of Nuclear Installations, CGC-Report No 99/I, February 1999

Kol.: Zusammenfassung der Ergebnisse der vertieften Bewertungen der GRS zu ausgewählten Sicherheitsfragen zum KKW Temelin, GRS, August 2000