

Reaktorsicherheit in Osteuropa

Eine Zwischenbilanz
der Förderung durch
die Bundesrepublik
Deutschland



Der Bericht gibt die Meinung der GRS wieder und beruht auf Erkenntnissen, die im Zusammenhang mit Untersuchungen für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, die Europäische Union und die Europäische Bank für Wiederaufbau und Entwicklung gewonnen wurden.

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Genehmigung der GRS gestattet.

Impressum

Herausgeber: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
Schwertnergasse 1
50667 Köln

Redaktion: F.W. Heuser, GRS
H. Teske, GRS

Gestaltung: G. Berberich, Köln

Bildnachweis: Atomenergoexport, Moskau; Bundesbildstelle, Bonn; Directory of Nuclear Power Plants in the World, 1994, EBRD, London; Foto Jürgens, Berlin; H.-J. Burkhard, Berlin, IAEA, Wien; Nuclear Europe Worldscan 1-2/1996

Druck: Moeker Merkur Druck GmbH, Köln



Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit
(GRS) mbH

Reaktorsicherheit in
Osteuropa

Eine Zwischenbilanz
der Förderung durch
die Bundesrepublik
Deutschland

Juli 1998

GRS - S - 44
ISBN 3-931995-09-7

Vorwort

Die Verbesserung der Sicherheit der Kernkraftwerke ist eine der dringendsten Aufgaben, die die osteuropäischen Länder beim Aufbau ihrer neuen Wirtschaftsstrukturen zu bewältigen haben. Die westlichen Industriestaaten unterstützen diesen Prozeß. Seit Anfang der neunziger Jahre sind dafür umfangreiche Förderprogramme auf den Weg gebracht worden.

Die Bundesrepublik Deutschland nimmt in der Zusammenarbeit mit Osteuropa auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit eine führende Position ein. Schwerpunkte der deutschen Unterstützung sind die Förderprogramme des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF). Darüberhinaus ist Deutschland maßgeblich an internationalen Förderprogrammen beteiligt.

Die GRS ist in dieser Zusammenarbeit sowohl in nationalen als auch internationalen Projekten engagiert. Fachliche Qualifikation, internationale Erfahrung und langjährig gewachsene Beziehungen haben dazu beigetragen, daß die GRS bei ihren osteuropäischen Partnern eine aner-

kannte Stellung einnimmt. In internationalen Projekten besteht eine enge Kooperation mit der französischen Partnerorganisation, dem Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN).

Der Bericht wendet sich nicht nur an Fachleute, sondern an einen breiteren Kreis von Lesern, die daran interessiert sind, sich einen Überblick über die Förderprogramme und die Ergebnisse der bisherigen Arbeiten zu verschaffen.

Der Bericht zieht eine Zwischenbilanz. Was ist erreicht worden, und was bleibt zu tun. Die in Osteuropa für die Überwachung der Reaktorsicherheit zuständigen Behörden wurden in ihrer Unabhängigkeit und fachlichen Qualifikation gestärkt. Die Forschungskooperation wurde ausgebaut. Es sind Sicherheitsverbesserungen in den Anlagen vorgenommen worden. Andererseits aber sind – und das durchaus noch über längere Zeit – weiterhin erhebliche Anstrengungen notwendig, um die nukleare Sicherheit in Osteuropa an die westliche Sicherheitspraxis anzugleichen und die osteuropäischen Länder in die internationale Sicherheitspartnerschaft voll einzubinden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Ausgangssituation in Osteuropa	3
2.1	Kernkraftwerke in Osteuropa	3
2.2	Sicherheitsaspekte	8
3	Ziele, Aufgaben und Partner der Zusammenarbeit	11
3.1	Ziele	11
3.2	Aufgaben	11
3.3	Partner	14
4	Deutsche Programme der Zusammenarbeit	16
4.1	Allgemeines	16
4.2	BMBF-Programm	17
4.3	BMU-Programm	18
4.4	Weitere Aktivitäten	20
4.5	Industrieseitige Zusammenarbeit und Partnerschaften	21
5	Internationale Programme der Zusammenarbeit	22
5.1	Aktivitäten der G7	22
5.2	IAEA-Programm	24
5.3	EU-Programme Phare und Tacis	25
5.4	Nuklearer Sicherheitsfonds	27
5.5	G24-Koordination	28
6	Situation in den osteuropäischen Ländern	30
6.1	Rußland	30
6.2	Ukraine	30
6.3	Armenien, Bulgarien, Litauen	31
6.4	Tschechien, Slowakei, Ungarn	32
7	Unterstützung der Sicherheitsbehörden	33
7.1	Neue Sicherheitsstrukturen	33
7.2	Organisatorische Unterstützung	34
7.3	Ausbildung und Seminare	35
7.4	Sicherheitsanforderungen, Regeln und Richtlinien	36
8	Fachliche Zusammenarbeit	37
8.1	Sicherheitsforschung und Entwicklung	37
8.2	Untersuchungen zu einzelnen Sicherheitsaspekten	40
8.2.1	Werkstoffuntersuchungen für WWER	40

8.2.2	Störfallanalysen für WWER	42
8.2.3	Sicherheitsuntersuchungen für RBMK	44
8.3	Sicherheitstechnische Bewertungen und Ertüchtigungen	45
8.3.1	Anlagen WWER-440	45
8.3.2	Anlagen WWER-1000	48
8.3.3	Konzept WWER-640/W-407	50
8.3.4	RBMK-Anlagen	51
8.4	Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebssicherheit	53
8.4.1	Organisation und Überwachung des Betriebs	54
8.4.2	Anlagen- und Betriebsdokumentation	55
8.4.3	Auswertungen von Betriebserfahrungen	56
8.5	Technische Ausrüstungen	57
8.6	Brennstoffkreislauf und Entsorgung	59
8.7	Anlagensicherung	60
8.8	Sanierung in Tschernobyl	60
9	Zwischenbilanz	63
9.1	Unterstützung der Sicherheitsbehörden	63
9.2	Sicherheitsforschung und Entwicklung, Sicherheitsuntersuchungen	66
9.3	Sicherheitsverbesserungen und Nachrüstmaßnahmen	67
9.4	Brennstoffkreislauf und Anlagensicherung	72
9.5	Sanierung in Tschernobyl	72
10	Zukünftige Aufgaben	74
10.1	Verbesserung der Sicherheit in den kerntechnischen Anlagen	75
10.2	Festigung der Sicherheitsstrukturen	75
10.3	Spezielle Aufgaben	76
10.4	Internationale Sicherheitspartnerschaft	77
11	Zusammenfassung	78
	Anhang: Projektübersicht nach Ländern	81
	Glossar	97

Einführung

Die Verbesserung der Sicherheit der Kernkraftwerke ist eine der dringendsten Aufgaben, die die osteuropäischen Länder beim Aufbau von Demokratie und Marktwirtschaft zu bewältigen haben. Wegen der internationalen Bedeutung der Reaktorsicherheit ist eine Lösung dieser Aufgabe auch für die westlichen Industriestaaten von vitalem Interesse. Die Aufgabe, die Sicherheit der Kernkraftwerke in Osteuropa zu verbessern, kann nur in Zusammenarbeit gemeinsam mit den westlichen Ländern bewältigt werden.

In den westlichen Ländern erfolgten Entwicklung und Ausbau der Kerntechnik von Anfang an in einer engen internationalen Kooperation. Dabei gewann die Reaktorsicherheit schon bald eine eigenständige Bedeutung und wurde zunehmend ein zentrales Thema.

Besonders deutlich wurde dies vor allem nach dem Unfall im Kernkraftwerk Three Mile Island im März 1979. Die Offenheit der amerikanischen Industrie und Behörden ermöglichte in den westlichen Ländern gemeinsame Anstrengungen zur Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit und zur Weiterentwicklung eines internationalen Sicherheitskonzepts für Kernkraftwerke.

Die Länder des früheren Ostblocks haben sich an dem Erfahrungsaustausch und der Zusammenarbeit der westlichen Länder praktisch nicht beteiligt. Entwicklung und Ausbau der Kerntechnik in Osteuropa erfolgten unter Führung und Aufsicht der Sowjetunion weitgehend vom internationalen Austausch isoliert.

Ansätze zur Zusammenarbeit ergaben sich erst nach dem Unfall in Tschernobyl. Sie beschränkten sich jedoch auf wissenschaftlich-technische Kontakte und einige Arbeiten in

der Sicherheitsforschung. Mit den politischen Veränderungen zu Beginn der neunziger Jahre ergaben sich Möglichkeiten für eine intensivere Zusammenarbeit. Von den westlichen Industriestaaten wurden umfassende Unterstützungsprogramme eingeleitet, um die Sicherheit der Kernkraftwerke in Osteuropa zu verbessern und die Unabhängigkeit der Aufsichtsbehörden zu stärken.

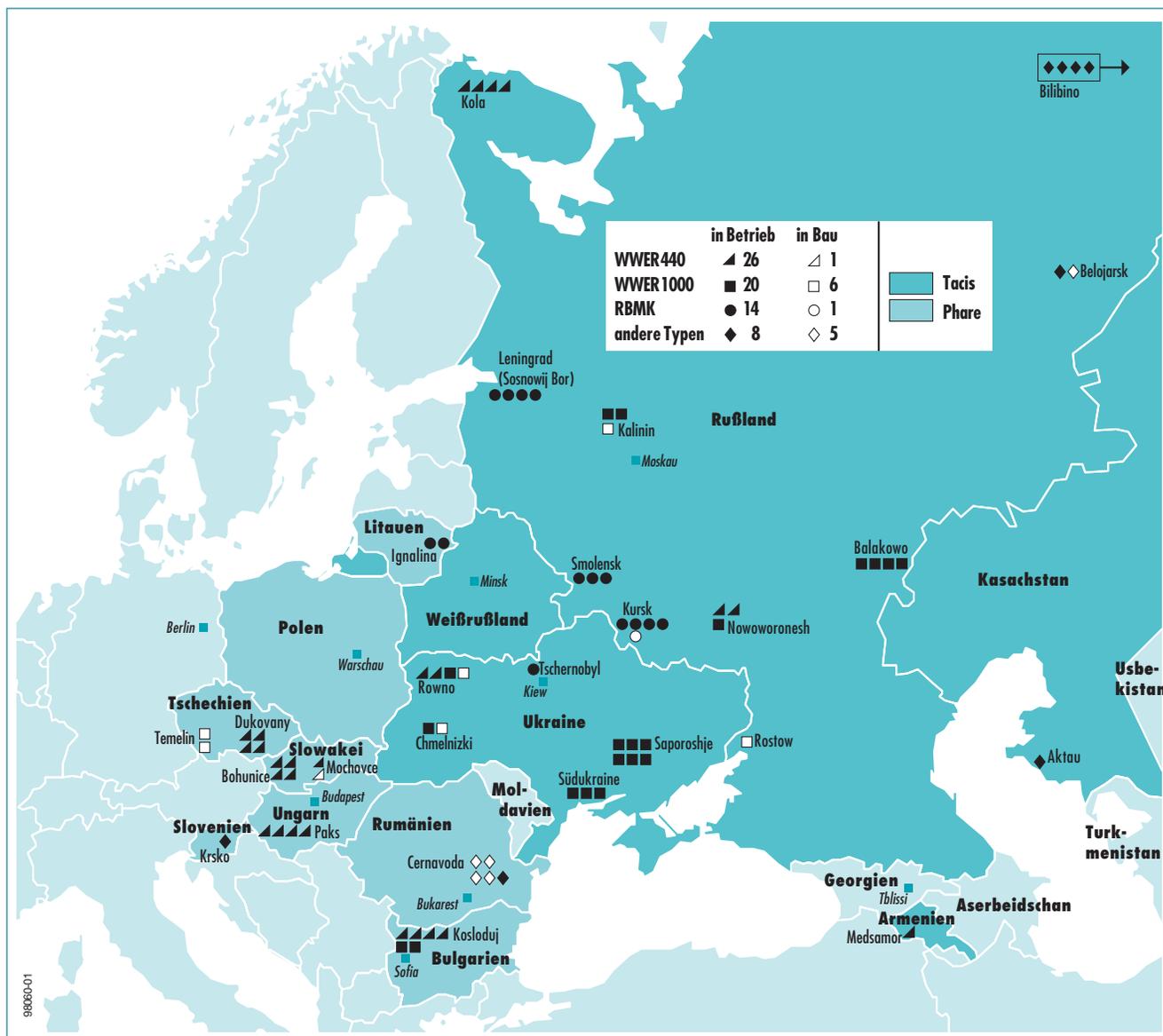
Deutschland war dabei in einer besonderen Situation, gehörten doch die Kernkraftwerke Rheinsberg, Greifswald und Stendal (mit Druckwasserreaktoren sowjetischer Bauart) nach der Wiedervereinigung zur Bundesrepublik. Die von der GRS im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) in den Jahren 1990 - 92 für Greifswald und Stendal erstellten Sicherheitsstudien sind heute noch eine wichtige Grundlage für die Sicherheitsbeurteilung osteuropäischer Kernkraftwerke. Aufbauend auf diesen Untersuchungen sind vom BMU und dem Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) langfristig angelegte Förderprogramme zur Verbesserung der Reaktorsicherheit in Osteuropa und zur wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit eingeleitet worden. Auch international wurde, veranlaßt durch eine Initiative der Bundesregierung, die Sicherheit der Kernkraftwerke in Osteuropa 1992 in München erstmals ein zentrales Thema der jährlichen Wirtschaftsgipfel der G7-Staaten.

In der Zusammenarbeit mit den Ländern Osteuropas nimmt Deutschland eine führende Stellung ein. Sowohl in direkten bilateralen Programmen als auch im Rahmen der internationalen Förderung werden von deutscher Seite hierzu erhebliche Beiträge geleistet.

Mit diesem Bericht soll ein Überblick über die deutsche Unterstützung und Zusammenarbeit zur Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit in Osteuropa gegeben werden. In Kapitel 2 wird die Ausgangssituation in Osteuropa dargestellt. Ziele, Aufgaben und Programme der deutschen Zusammenarbeit zur Sicherheitsverbesserung osteuropäischer Kernkraftwerke werden in den Kapiteln 3 bis 5 erläutert. Nach einer kurzen Übersicht zur

Situation in den einzelnen Ländern (Kapitel 6) werden in den Kapiteln 7 und 8 die von Deutschland geförderten Arbeiten eingehender - nach verschiedenen Themenbereichen geordnet - behandelt. Kapitel 9 gibt eine Zwischenbilanz zu bisher erzielten Ergebnissen bei der Verbesserung der Sicherheit osteuropäischer Kernkraftwerke. Zukünftige Aufgaben werden in Kapitel 10 dargelegt. Eine Projektübersicht nach Ländern ist als Anhang beigefügt.

Kernkraftwerke in Osteuropa



Ausgangssituation in Osteuropa

2

Nach einem Überblick über die in Betrieb und in Bau befindlichen Reaktoren in Osteuropa¹⁾ werden die Sicherheitsaspekte der Reaktortypen RBMK und WWER kurz beschrieben.

2.1 Kernkraftwerke in Osteuropa

Die Kernkraftwerke (KKW) in Osteuropa sind – mit Ausnahme der Kraftwerke in Rumänien und Slowenien – Anlagen sowjetischer Bauart. Abgesehen von zwei Schnellen Brutreaktoren in Belojarsk (Rußland) und Aktau (Kasachstan) sowie vier kleineren graphitmoderierten Siedewasserreaktoren in Bilibino (Rußland), handelt es sich um zwei Reaktortypen, die RBMK- und die WWER-Reaktoren. Tabelle 2-1 gibt eine Übersicht über die in Betrieb und in Bau befindlichen RBMK- und WWER-Anlagen.

RBMK-Reaktoren

Der RBMK ist ein graphitmoderierter, wassergekühlter Siedewasserkanalreaktor. RBMK-Anlagen wurden in zwei Leistungsgrößen (1 000 MW, 1 500 MW) gebaut.

RBMK-Anlagen wurden nur in der Sowjetunion errichtet. Ihre Standorte liegen heute in Litauen, Rußland und in der Ukraine. Insgesamt sind von 18 Blöcken an fünf Standorten z. Z. 14 Reaktoren in Betrieb (Tabelle 2-2).

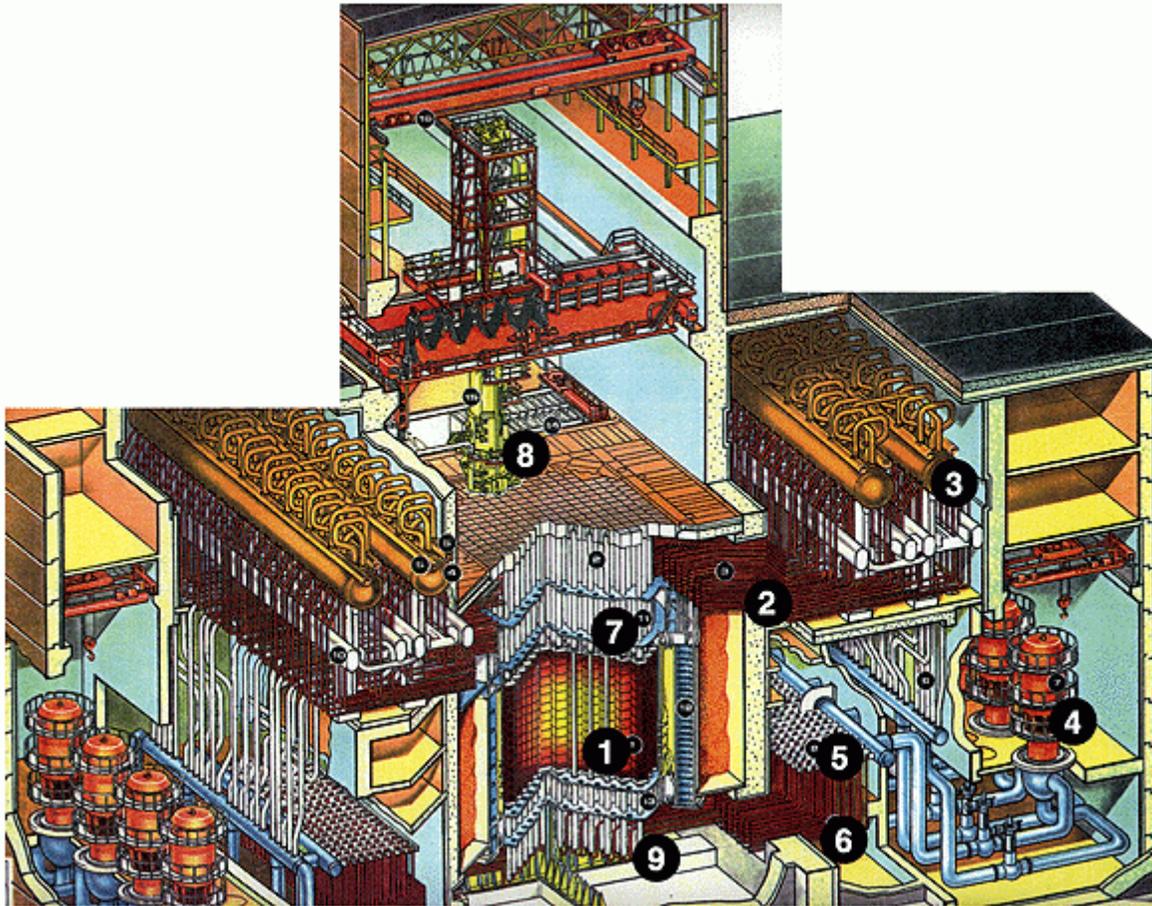
Von den vier Reaktoren in Tschernobyl ist derzeit nur noch Block 3 in Betrieb. Block 2 des Kraftwerks ist seit einem Brand im Maschinenhaus im Herbst 1991 außer Betrieb. Block 1 wurde im Dezember 1996 abgeschaltet. Block 4 wurde beim Unfall im April 1986 zerstört.

Block 5 in Kursk ist nahezu fertiggestellt und soll in nächster Zeit in Betrieb genommen werden. Weitere in Bau befindliche Blöcke wurden aufgegeben.

Land	RBMK		WWER-440/W-230		WWER-440/W-213		WWER-1000	
	In Betrieb	In Bau	In Betrieb	In Bau	In Betrieb	In Bau	In Betrieb	In Bau
Armenien			1					
Bulgarien			4				2	
Litauen	2							
Rußland	11	1	4		2		7	2
Slowakei			2		3	1		
Tschechien					4			2
Ungarn					4			
Ukraine	1				2		11	2
Summe	14	1	11		15	1	20	6

Tabelle 2-1
RBMK- und WWER-Anlagen in Osteuropa

¹⁾ In diesem Bericht wird Osteuropa als Gesamtbezeichnung für alle mittel- und osteuropäischen Staaten und die europäischen NUS-Länder verwendet.



1 - Reaktorkern, 2 - Dampfleitungen, 3 - Dampfseparator, 4 - Hauptkühlmittelpumpe, 5 - Gruppenverteilersammler, 6 - Leitungen der Wasserzufuhr, 7 - Steuerstäbe, 8 - Brennelementwechsellmaschine, 9 - Wasserleitungen

Schnittbild eines RBMK

Die RBMK-Anlagen werden im allgemeinen in drei Generationen eingeteilt. Der technischen Entwicklung ent-

sprechend sind die Übergänge zwischen den Generationen jedoch fließend.

Tabelle 2-2
RBMK-Anlagen

Land	Standort	Block	Betriebsbeginn	Bemerkung
Litauen	Ignalina	1 - 2	83, 87	
Rußland	Leningrad	1 - 4	73, 75, 80, 81	
	Kursk	1 - 5	76, 79, 81, 85, -	Block 5 in Bau
	Smolensk	1 - 3	82, 85, 90	
Ukraine	Tschernobyl	1 - 2	77, 78	außer Betrieb seit 96, 91
		3	81	
		4	83	zerstört, Unfall 1986

WWER-Reaktoren

WWER-Reaktoren sind Druckwasserreaktoren (wassermoderiert und wassergekühlt). Es werden drei Baulinien unterschieden: WWER-440/W-230, WWER-440/W-213 und WWER-1000. WWER-Anlagen wurden auch an Standorten außerhalb der Sowjetunion errichtet.

WWER-440/W-230

Anlagen der Baulinie WWER-440/W-230 wurden in den sechziger Jahren konzipiert und seit Anfang der siebziger Jahre in Betrieb genommen (Tabelle 2-3).

Gegenwärtig sind 11 Blöcke dieser Baulinie in Betrieb. Dazu zählt auch

Land	Standort	Block	Betriebsbeginn	Bemerkung
Armenien	Medsamor	1 - 2	76, 79	stillgelegt 89, Block 2 wieder in Betrieb seit 95
Bulgarien	Kosloduj	1 - 4	74, 75, 80, 82	
Rußland	Kola	1 - 2	73, 74	
	Nowoworonesh	3 - 4	71, 72	Vorläufermodell W-179
Slowakei	Bohunice	1 - 2	78, 80	

Tabelle 2-3
Anlagen
WWER-440/W-230

Gebäudequerschnitt
eines WWER-440/W-230

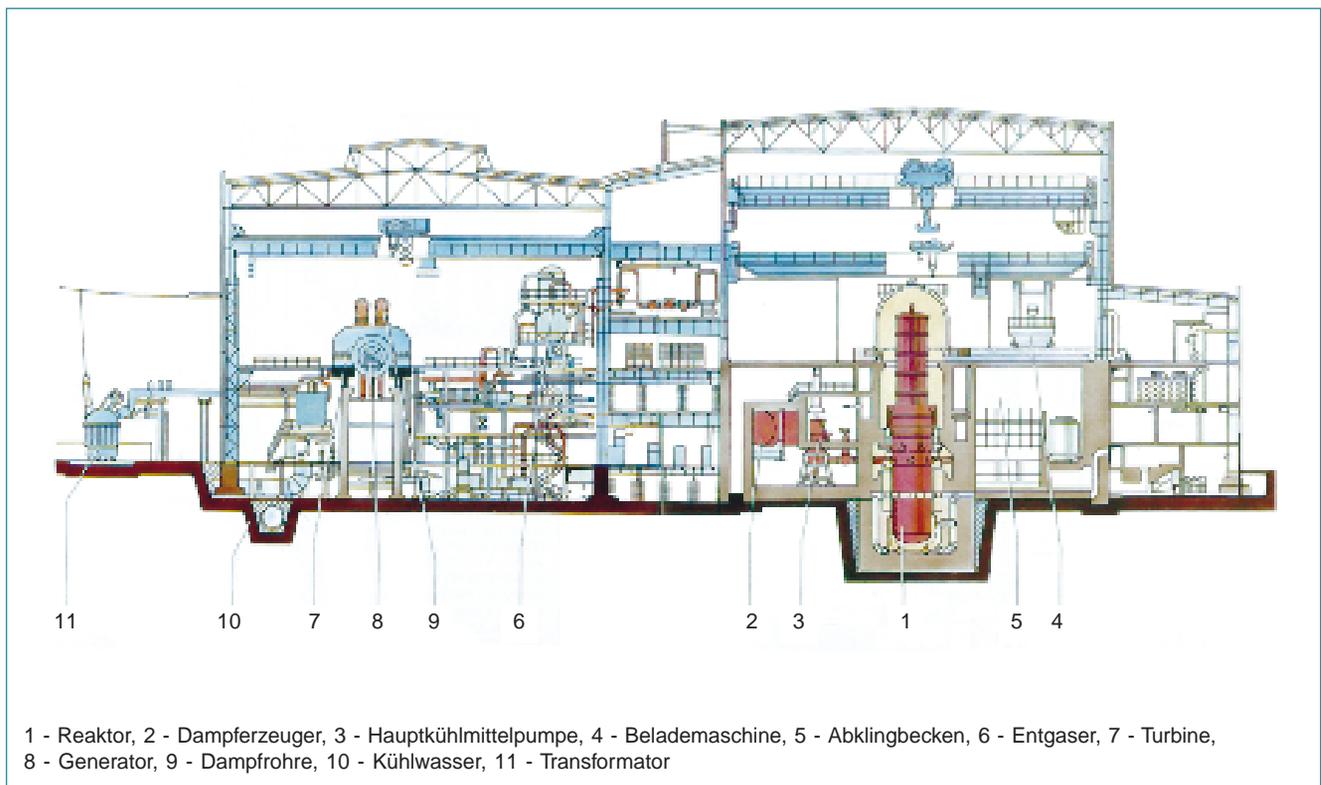


Tabelle 2-4
Anlagen
WWER-440/W-213

Land	Standort	Block	Betriebsbeginn	Bemerkung
Rußland	Kola	3 - 4	81, 84	
Slowakei	Bohunice	3 - 4	84, 85	
	Mochovce	1 - 2	98, -	Block 2 in Bau
Tschechien	Dukovany	1 - 4	85, 86, 86, 87	
Ukraine	Rowno	1 - 2	80, 81	
Ungarn	Paks	1 - 4	82, 84, 86, 87	

Block 2 des KKW Medsamor in Armenien. 1989 wurden beide Blöcke des KKW nach einem Erdbeben abgeschaltet. Der Block 2 ist seit Herbst 1995 wieder in Betrieb.

achtziger Jahren in Betrieb genommen (Tabelle 2-4).

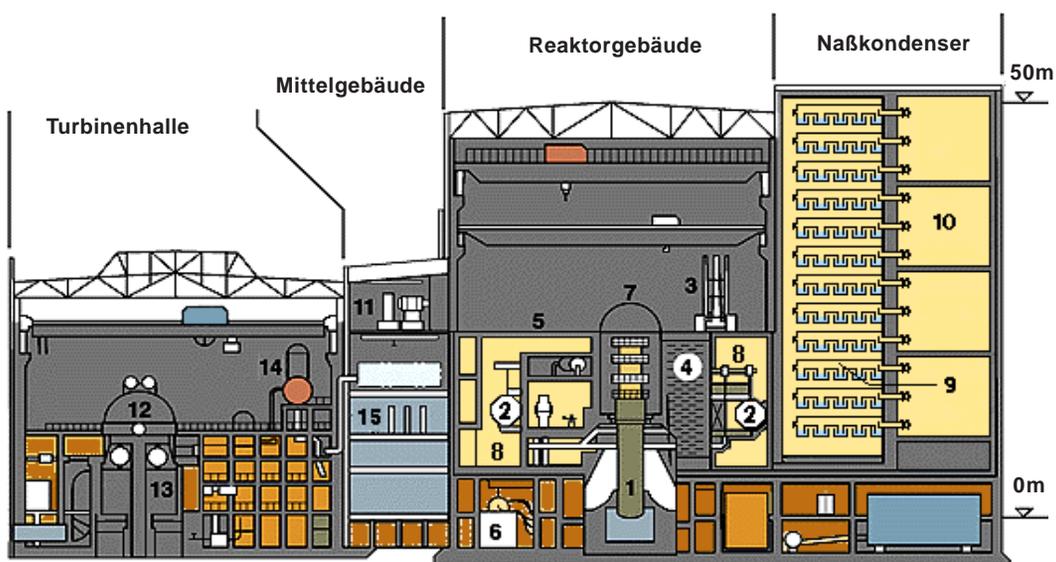
14 Anlagen dieser Baulinie befinden sich in Betrieb. Hinzu kommt Block 1 des KKW Mochovce, der zur Zeit in Betrieb genommen wird.

WWER-440/W-213

Der WWER-440/W-213 ist eine Weiterentwicklung der Baulinie WWER-440/W-230. Anlagen der Baulinie WWER-440/W-213 wurden in den

Zwei Blöcke WWER 440 wurden nach westlichen Sicherheitsanforderungen in Finnland (KKW Loviisa) ausgelegt und errichtet (in Tabelle 2-4 nicht aufgeführt).

Gebäudequerschnitt
eines WWER-440/W-213



- 1 - Reaktordruckbehälter, 2 - Dampferzeuger, 3 - Belademaschine, 4 - Abklingbecken, 5 - Reaktorhalle, 6 - Speisewassersystem, 7 - Schutzhaube, 8 - Druckraum, 9 - Naßkondensator, 10 - Luftfallen, 11 - Frischluftanlage, 12 - Turbine, 13 - Kondensator, 14 - Speisewasserbehälter mit Entgaser, 15 - E- und Leittechnik

WWER-1000

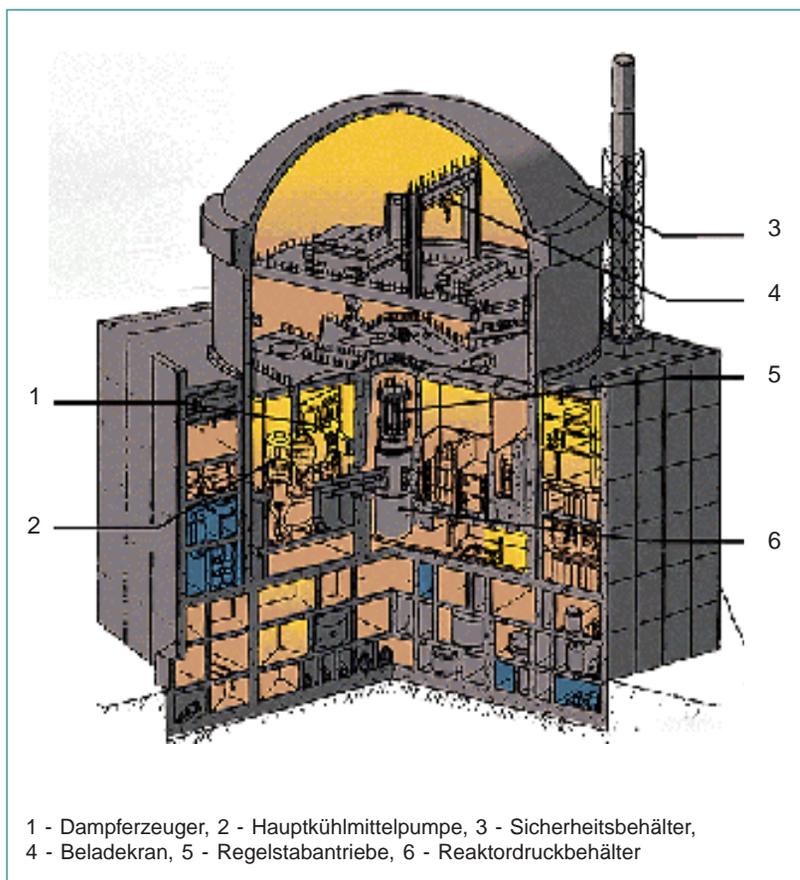
Seit Anfang der 80er Jahre wurden Anlagen der Baulinie WWER-1000 in Betrieb genommen (Tabelle 2-5). Nach Fertigstellung und Inbetriebnahme der ersten Anlagen wurden die WWER-1000 weitgehend standardisiert. Als erste Anlage der Standard-Baureihe WWER-1000/W-320 wurde Block 1 des KKW Saporoshje 1984 in Betrieb genommen.

Gegenwärtig sind 20 Anlagen der Baulinie WWER-1000 in Bulgarien, Rußland und in der Ukraine in Betrieb.

Andere in Bau befindliche Anlagen (Kalinin 3 und Rostow 1 in Rußland, Rowno 4 und Chmelnizki 2 in der Ukraine, sowie die Blöcke 1 und 2 des KKW Temelin in Tschechien) sollen in nächster Zeit fertiggestellt werden.

Für einige vormals in Bau befindliche Anlagen, vor allem in Rußland und in der Ukraine, wurden die Bauarbeiten endgültig eingestellt (in Tabelle 2-5 nicht aufgeführt).

Für den weiteren Ausbau der Kernenergie in Rußland und in der Ukraine wird hauptsächlich auf den WWER-1000 und seine Weiterentwicklung gesetzt.



Schnittbild eines WWER-1000/W-320

Land	Standort	Block	Baureihe	Betriebsbeginn	Bemerkung
Bulgarien	Kosloduj	5 - 6	W-320	87, 91	
Rußland	Balakowo	1 - 4	W-320	85, 87, 88, 93	
	Kalinin	1 - 2	W-338	84, 86	Vorgängertyp
		3	W-320	-	in Bau seit 1991
	Nowoworonesh	5	W-187	80	Prototyp
	Rostow	1	W-320	-	Baustopp seit 91
Tschechien	Temelin	1 - 2	W-320	-	in Bau seit 82, 85
Ukraine	Chmelnizki	1 - 2	W-320	87, -	Bl. 2 in Bau seit 85
	Rowno	3 - 4	W-320	86, -	Bl. 4 in Bau seit 86
	Saporoshje	1 - 6	W-320	84, 85, 86, 87, 89, 96	
	Südukraine	1	W-302	82	Vorgängertyp
		2	W-338	85	Vorgängertyp
3		W-320	89		

**Tabelle 2-5
Anlagen
WWER-1000**

2.2 Sicherheitsaspekte

Erste umfassende unabhängige Sicherheitsuntersuchungen für WWER-Anlagen sind die Sicherheitsstudien für die Anlagen in Greifswald und Stendal. Sie wurden Anfang der neunziger Jahre von der GRS gemeinsam mit dem Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) und russischen Fachleuten erstellt. Im weiteren wurde eine Reihe von Sicherheitsanalysen sowohl zu anderen Anlagen als auch zu Einzelthemen durchgeführt.

Auch für RBMK-Reaktoren gibt es inzwischen internationale Sicherheitsstudien. Zu nennen sind die RBMK-Sicherheitsstudie und die Sicherheitsbewertung des KKW Ignalina.

Bei allen Reaktoren sowjetischer Bauart, den RBMK und den drei Baulinien des WWER, wurden Sicherheitsdefizite in Auslegung und Betrieb festgestellt. Diese Defizite lassen sich zumindest auf zwei Ursachen zurückführen:

- Anfangs stützte sich das sowjetische Sicherheitskonzept vor allem auf eine robuste Auslegung der Anlagen für den Normalbetrieb. Es stellte hohe Anforderungen an das Betriebspersonal auch in schwierigen Situationen. Das Konzept vernachlässigte die Vorsorge zur Beherrschung von Störfällen. Das betraf sowohl die sicherheitstechnische Auslegung der Anlagen als auch die Ausbildung und Anleitung des Personals.
- Es fehlte eine sicherheitstechnische Kontrollinstanz. Die zentralstaatliche Zuständigkeit für Planung, Bau und Betrieb der Anlagen

behinderte eine unabhängige und eigenständige Genehmigung und Aufsicht.

Im folgenden wird auf die wichtigsten Sicherheitsdefizite und den Stand bereits vorgenommener Sicherheitsverbesserungen eingegangen.

RBMK

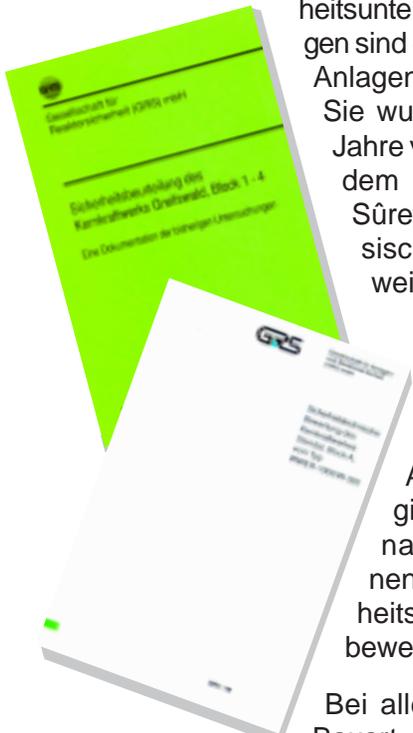
Der RBMK wurde – isoliert von der internationalen Entwicklung der Reaktortechnik und Reaktorsicherheit – in der Sowjetunion konzipiert und gebaut. Bis zum Unfall in Tschernobyl gab es in den westlichen Ländern praktisch keine technischen Informationen zu Aufbau, Betriebs- und Sicherheitsverhalten dieser Reaktoren.

In der ursprünglichen Auslegung der RBMK bestehen gravierende Sicherheitsmängel. Es sind hauptsächlich diese grundlegenden Auslegungsmängel, verknüpft mit grobem Fehlverhalten, die zum Unfall in Tschernobyl geführt haben. Ursächlich für den Unfall war ein prompt überkritischer Leistungsanstieg des Reaktors in einem instabilen Zustand bei niedriger Leistung.

Nach dem Unfall in Tschernobyl wurden in allen RBMK die reaktorphysikalische Auslegung, die Abschaltanlagen und die Betriebsvorschriften verbessert. Mit diesen Maßnahmen sind erhebliche Vorkehrungen gegen Reaktivitätsstörfälle getroffen worden. Eine Wiederholung des Unfalls wie in Tschernobyl ist deshalb heute kaum möglich.

Nach wie vor haben aber die RBMK-Reaktoren schwere Auslegungsmängel bei(m):

- Reaktivitätskontrolle und Abschaltanlagen
- Brandschutz



- Schutz gegen ein gleichzeitiges Versagen mehrerer Druckrohre
- Notkühlsystem und Sicherheitseinschluß.

WWER-440/W-230

Bei den WWER-Druckwasserreaktoren bestehen die gravierendsten Mängel in den Anlagen WWER-440/W-230. Die sicherheitstechnische Auslegung dieser Anlagen entspricht nicht dem Stand international anerkannter Sicherheitsanforderungen.

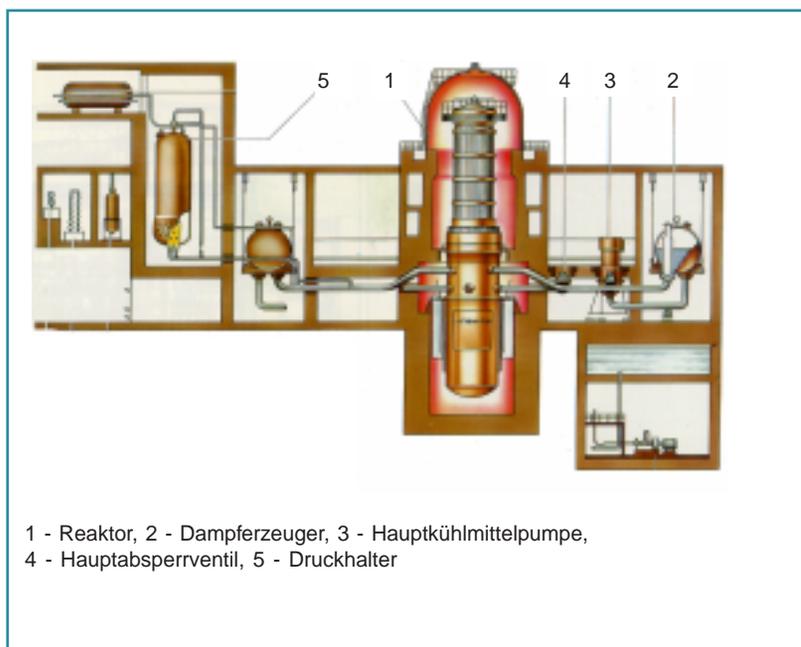
Die Sicherheitsdefizite in der systemtechnischen Auslegung betreffen:

- geringe Redundanz in den Sicherheitssystemen und weitreichende Vermaschungen
- weitgehend fehlende räumliche Trennung redundanter Systeme (Schutz gegen übergreifende Einwirkungen)
- unzureichende Instrumentierung und Regelung (Fehlen wichtiger Anregekriterien im Reaktorschutz)
- unzureichende Brandschutzmaßnahmen.

In den Anlagen W-230 gibt es Auslegungsmängel, die nicht ohne weiteres behoben werden können:

- Die Anlagen besitzen kein ausreichendes Notkühlsystem. Sie sind nicht gegen größere Lecks im Reaktorkühlkreislauf ausgestattet.
- Der Sicherheitseinschluß ist unzureichend. Es sind weder ein druckfester Sicherheitsbehälter noch ein Druckabbausystem vorhanden.

Um dennoch einen befristeten Weiterbetrieb zu ermöglichen, wurden in den vergangenen Jahren in diesen Anlagen Verbesserungen vorgenommen.



Schema eines Primärkreislaufs WWER-440

Neben einigen systemtechnischen Ertüchtigungen (z. B. dem Einbau schnellschließender Armaturen in den Frischdampfleitungen) handelte es sich dabei hauptsächlich um Maßnahmen, mit denen die Störanfälligkeit vermindert worden ist.

WWER-440/W-213 und WWER-1000

Die Anlagen der Baulinien WWER-440/W-213 und WWER-1000 weisen im Vergleich zu den WWER-440/W-230 verbesserte Sicherheitseinrichtungen auf. Die Anlagen beider Baulinien sind mit Sicherheitseinrichtungen zur Beherrschung großer Lecks im Reaktorkühlkreislauf ausgestattet. Sie besitzen einen ausreichenden Sicherheitseinschluß, die Anlagen W-213 verfügen über ein Druckabbausystem mit Naßkondensation und die WWER-1000 über einen druckfesten Sicherheitsbehälter. Das Sicherheitskonzept der WWER-1000 entspricht weitgehend Anforderungen, wie sie nach internationalem Stand an die Ausle-

Reaktorhalle eines
WWER-440/W-230



gung von Druckwasserreaktoren gestellt werden. Ebenso wie für die Anlagen WWER-1000 können auch in den WWER-440/W-213 die maßgeblichen Störfälle durch die vorhandenen Sicherheitseinrichtungen beherrscht werden.

Dennoch sind in den Anlagen dieser Baulinien Nachrüstungen erforderlich. Sie betreffen:

- Fehlen eines Zwischenkühlkreises für die Notkühlung
- unzureichende räumliche Trennung der Frischdampf- und Speisewasserleitungen im Bereich der Armaturenstation

- Brandschutz und Schutz gegen übergreifende Einwirkungen
- elektro- und leittechnische Ausrüstungen.

Darüber hinaus haben die Betriebserfahrungen mit WWER-1000-Anlagen Hinweise auf Konstruktionsschwächen und Qualitätsmängel bei Bauteilen gegeben. So sind in mehreren in Betrieb befindlichen Anlagen Rißbildungen an den Kollektoren der Dampferzeuger festgestellt worden. Außerdem sind verschiedentlich Fehler bei Funktionstests von Steuerstäben (unzulässig hohe Stabeinfallzeiten, Hängenbleiben eines Steuerstabes) aufgetreten.

Ziele, Aufgaben und Partner der Zusammenarbeit

3

3.1 Ziele

Die übergeordneten Ziele der Zusammenarbeit mit Partnern in Osteuropa können in folgenden Punkten zusammengefaßt werden:

- Verbesserung der Sicherheit in den kerntechnischen Anlagen
- Aufbau einer mehrsträngigen Sicherheitsstruktur mit einer unabhängigen Sicherheitskontrolle (Wissenschaft, Industrie, Behörde)
- Entwicklung eines gemeinsamen Grundverständnisses von Sicherheit und Sicherheitskultur (internationale Sicherheitspartnerschaft).

Die Unterstützung der Sicherheitsbehörden und die Zusammenarbeit mit den wissenschaftlich-technischen Institutionen haben dabei eine hohe Priorität.

3.2 Aufgaben

Die aus den Zielen abzuleitenden Aufgaben können folgenden Themenbereichen zugeordnet werden:

- Stärkung der Sicherheitsstruktur
- Sicherheitsforschung und Entwicklung
- Sicherheit der Kernkraftwerke
- Sicherheit des Brennstoffkreislaufs und der Entsorgung
- Anlagensicherung
- Sanierung in Tschernobyl

Stärkung der Sicherheitsstruktur

Es muß eine mehrsträngige Sicherheitsstruktur mit einem ausgewogenen Verhältnis zwischen Wissenschaft, Industrie und Behörden ausgebildet werden. Sie ist eine wesentliche Voraussetzung für ein kritisches Sicherheitsverständnis und eine qualifizierte Sicherheitskultur.

Zentrales Element einer mehrsträngigen Sicherheitsstruktur ist eine unabhängige Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde. Der Unterstützung der Sicherheitsbehörde kommt daher eine ganz entscheidende Bedeutung zu. Die Sicherheitsbehörden und ihre wissenschaftlich-technischen Organisationen müssen in ihrer fachlichen Kompetenz und Unabhängigkeit gestärkt werden.

Im einzelnen umfassen die Aufgaben:

- Stärkung der Organisation und Administration der Behörden
- Aufbau und Ausbau der wissenschaftlich-technischen Organisationen
- Erarbeitung von Grundlagen für Genehmigung und Aufsicht, Si-

*Das jährliche
GRS-Fachgespräch
bietet osteuropäischen
Fachleuten ein
Diskussionsforum*



cherheitsgesetzgebung, sicherheitstechnische Regeln und Richtlinien

- fachliche Unterstützung der Behörden bei Genehmigung und Aufsicht
- Ausbildung und Seminare.

Sicherheitsforschung und Entwicklung

Sicherheitsforschung und Sicherheitsuntersuchungen liefern die wissenschaftlichen Grundlagen für die technische Sicherheitsvorsorge. Sie sind Voraussetzung für die Umsetzung von Sicherheitsanforderungen in die sicherheitstechnische Auslegung der Anlagen.

Ziel der Zusammenarbeit auf diesem Gebiet ist es, in gemeinsamen Projekten Methoden und Verfahren zu erarbeiten, mit denen Sicherheitsuntersuchungen für Reaktoren sowjetischer Bauart nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik durchgeführt werden können. Für diese Arbeiten sind vor allem methodische Werkzeuge bereitzustellen. So müssen z. B. für westliche Reaktoren entwickelte Rechenprogramme für ihre Anwendung auf Reaktoren sowjetischer Bauart (RBMK, WWER) angepasst und erweitert werden.

Insgesamt geht es darum, mit dem Transfer von westlichem Know-how sowie gemeinsamen Sicherheitsanalysen und Forschungsarbeiten die fachlichen Grundlagen zur Verbesserung der Sicherheit der Kernkraftwerke sowjetischer Bauart zu stärken. Rußland kommt hier eine Schlüsselrolle zu, da dort die kerntechnische Infrastruktur vorhanden ist.

Sicherheit der Kernkraftwerke

In Zusammenarbeit mit den Sicherheitsbehörden, ihren Institutionen und der Industrie sind Sicherheitsuntersuchungen und Sicherheitsbewertungen für Anlagen durchzuführen. Diese Arbeiten sind erforderlich, um den Sicherheitsstatus der Anlagen zu ermitteln und gegebenenfalls Nachrüstmaßnahmen festzulegen. Des Weiteren geht es um Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebssicherheit. Schließlich sind auch technische Ausrüstungen bereitzustellen, um dringend notwendige Verbesserungen in den Anlagen kurzfristig vornehmen zu können.

Im einzelnen handelt es sich um folgende Aufgaben:

- Ausarbeitung von Sicherheitsanforderungen
- Sicherheitsuntersuchungen zu den einzelnen Reaktortypen, bzw. Baulinien
- Arbeiten zur Verbesserung der Betriebssicherheit, Sicherheitsbewertungen für Anlagen
- Bereitstellung technischer Ausrüstungen.

Sicherheit des Brennstoffkreislaufs und der Entsorgung

Struktur und Anlagen des Brennstoffkreislaufs und der Entsorgung in Osteuropa unterlagen früher wegen ihrer hauptsächlich militärischen Nutzung der Geheimhaltung. Diese Situation hat sich in den letzten Jahren deutlich gewandelt.

Zur Sicherheit des Brennstoffkreislaufs und der Entsorgung sind spezifische Untersuchungen notwendig. Die wichtigsten Aufgaben sind:



**KKW Tschernobyl,
Ukraine**

- Bestandsaufnahme zu den Anlagen des Brennstoffkreislaufs und der Entsorgung
- Verbesserung der Sicherheit in den Anlagen, Unterstützung der Behörden bei Genehmigung und Aufsicht
- Unterstützung im Rahmen der nuklearen Abrüstung bei der Verarbeitung von waffenfähigem Plutonium zur Nutzung als Kernbrennstoff in Reaktoren.

Anlagensicherung

Bei der Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Anlagensicherung geht es vor allem um einen bilateralen Informations- und Erfahrungsaustausch. Notwendig ist die technische Beratung und Unterstützung bei der Ausarbeitung von Regeln und Richtlinien zu Genehmigung und Aufsicht sowie bei der Gewährleistung der Sicherung in den Anlagen.

Sanierung in Tschernobyl

In Tschernobyl geht es um die Stilllegung der Blöcke 1 - 3 des Kraftwerks, den sicheren Einschluß von Block 4 (des beim Unfall im April 1986 zerstörten Reaktors) und um die Bewältigung der Unfallfolgen.

Zur Stabilität des Sicherheitseinschlusses (Sarkophag) um den zerstörten Reaktor sind Arbeiten zur Ertüchtigung, bzw. endgültigen Sicherung des Sarkophags, sowie Untersuchungen zu möglichen Schäden am Sarkophag und damit verbundenen radiologischen Belastungen durchzuführen.

Des weiteren sind Untersuchungen durchzuführen zu(r):

- gesundheitlichen und ökologischen Auswirkungen des Reaktorunfalls
- endgültigen Stilllegung der Blöcke 1 - 3
- Entsorgung und Überführung des Standorts in einen ökologisch sicheren Zustand.

Es ist dringend erforderlich, das heute über verschiedene Länder und Organisationen zerstreute Wissen über Tschernobyl in internationaler Kooperation zusammenzuführen.

Die Zusammenarbeit mit Osteuropa ist auch künftig eine der wichtigsten Aufgaben der GRS.

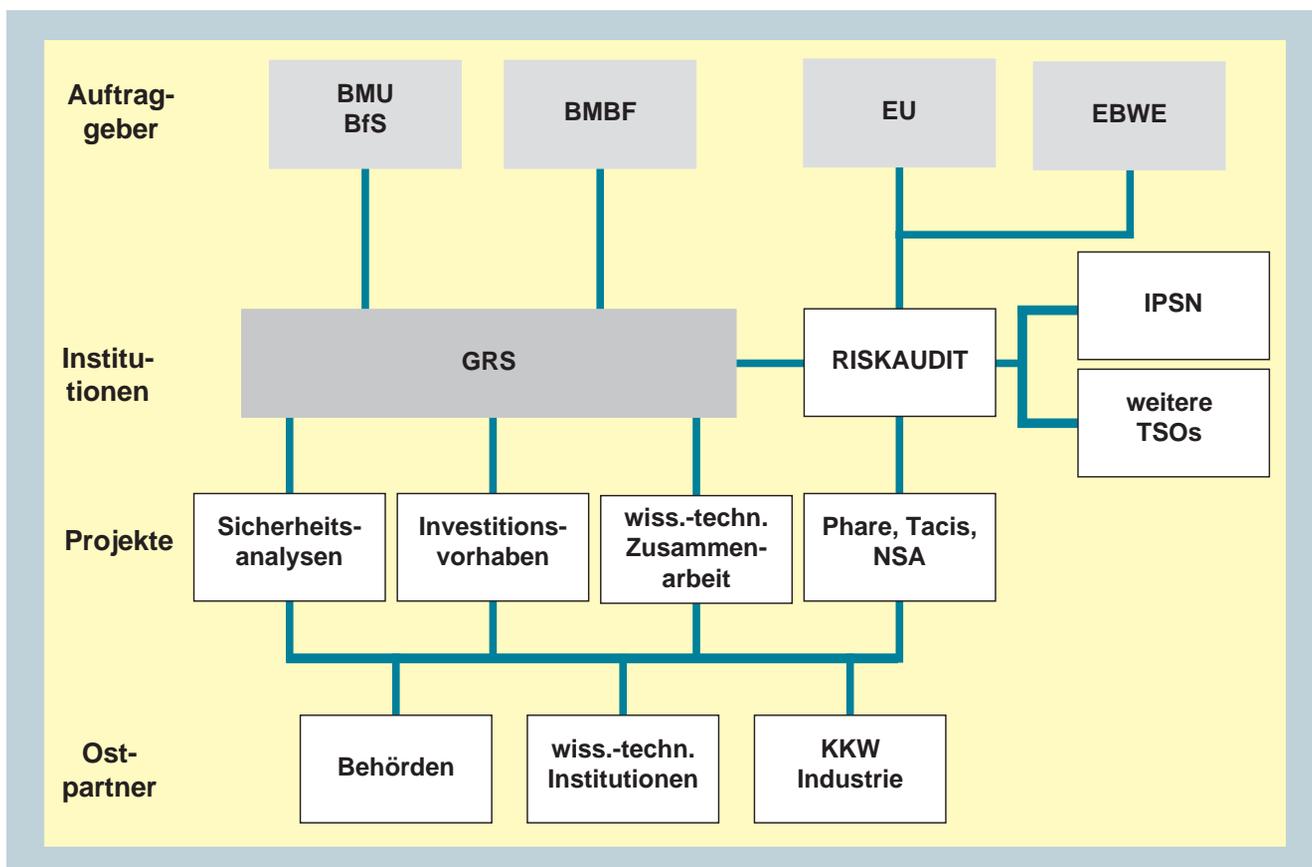
Bei den Ostvorhaben arbeitet die GRS mit ihrem französischen Partner, dem Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) zusammen. Durch RISKAUDIT (IPSN/GRS International) konnte diese Zusammenarbeit in den letzten Jahren weiter ausgebaut werden. GRS und IPSN sind zusammen mit weiteren Technischen Sicherheitsorganisationen (TSOs) aus EU-Mitgliedsländern vor allem im Rahmen der EU-Programme Phare und Tacis engagiert.

Kooperationspartner der GRS auf östlicher Seite sind Behörden, wissenschaftlich-technische Institutionen und auch die Industrie. Kontakte

3.3 Partner

Die GRS führt im Auftrag des BMU und des BMBF Arbeiten zur Verbesserung der Reaktorsicherheit in Osteuropa durch. Ihre fachliche Qualifikation und internationale Erfahrung, aber auch vorhandene Sprachkenntnisse und enge Kontakte zu osteuropäischen Partnern haben dazu beigetragen, daß die GRS in Osteuropa eine anerkannte Stellung einnimmt.

Partner der Zusammenarbeit



zu Sicherheitsbehörden und ihren Institutionen bestehen in allen osteuropäischen Ländern, in denen Kernkraftwerke sowjetischer Bauart betrieben werden. Enge Arbeitsbeziehungen bestehen seit längerem zu den Behörden und ihren Organisationen insbesondere in Rußland, der Ukraine, Litauen und Bulgarien. Es sind dies in

- Rußland die Behörde Gosatomnadzor (GAN-RF) und das SECNRS
- der Ukraine die Nukleare Aufsichtsbehörde (NRAU) und das SSTC
- Litauen die Behörde VATESI und die ISAG
- Bulgarien die Bulgarische Nukleare Sicherheitsbehörde (BNSA).

Mit den wissenschaftlich-technischen Institutionen, die für die Sicherheitskonzepte der Reaktoren zuständig sind, wurden in gemeinsamen Forschungsprojekten enge Arbeitsbeziehungen aufgebaut. Zu nennen sind



**KKW Rowno,
Ukraine**

- in Rußland das Kurtschatow-Institut, NIKIET, OKB GP, AEPStP und IBRAE
- sowie AERI in Ungarn und
- das NRI Rez in Tschechien.

Von der GRS sind auch Beziehungen zu Industrieorganisationen, vor allem in Rußland, aufgebaut worden. Dazu gehören der Betreiberkonzern Rosenergoatom (REA), Atomenergoprojekt Moskau (AEP) und das Betreiberinstitut VNIIAES. Eine direkte Kooperation ist außerdem mit Kernkraftwerken aufgebaut worden, wie z.B. mit dem KKW Balakowo in Rußland sowie den KKW Rowno und Saporoshje in der Ukraine.



KKW Balakowo, Rußland

4

Deutsche Programme der Zusammenarbeit

4.1 Allgemeines

In der internationalen Zusammenarbeit mit Osteuropa nimmt die Bundesrepublik Deutschland eine führende Position ein.

Die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit vor allem mit Rußland begann Ende der achtziger Jahre. Heute bestehen mit Behörden und anderen Partnerinstitutionen in den osteuropäischen Ländern enge und vertrauensvolle Beziehungen. Deutschland verfügt über umfangreiche Kenntnisse und Erfahrungen zur kerntechnischen Sicherheit in Osteuropa, dies nicht zuletzt durch die Fachleute aus Ostdeutschland. Hinzu kommt ein anerkannt hoher Sicherheitsstand der deutschen Kerntechnik. Er ist eine entscheidende Voraussetzung dafür, daß Deutschland eine führende Rolle in der Zusammenarbeit mit den osteuropäischen Ländern wahrnimmt.

Die Bundesrepublik gehört zu den westlichen Ländern, die große Anteile der finanziellen Mittel zur Unterstützung der osteuropäischen Länder aufbringen. Das gilt sowohl für die direkte, bilaterale Zusammenarbeit als auch für die Beiträge, die für die multilateralen Unterstützungsprogramme bereitgestellt werden.

Grundlage der bilateralen deutschen Zusammenarbeit sind Abkommen der Bundesregierung bzw. des BMU und des BMBF mit Rußland, der Ukraine und anderen osteuropäischen Ländern.

Schwerpunkte der bilateralen Zusammenarbeit sind das

- BMU-Programm zur Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit und zur Unterstützung der Sicherheitsbehörden
- BMBF-Programm zur wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit (WTZ).

Tabelle 4-1
Deutsche Unterstützung zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit in Osteuropa

	Verwendung	Aufwendungen in Millionen DM		
		1990-96	1997-98	gesamt
BMU	Bilaterale Unterstützung • Sofort- und Investitionsprogramm	177	31	208
	Multilaterale Unterstützung • Beiträge zum NSA	25,5	12,0	37,5 ¹⁾
	• zusätzlicher Beitrag zur Schließung Tschernobyl inkl. CSF (Umsetzung MoU) • Sonderbeiträge an IAEA	0,5 1	32,0 -	32,5 1
BMBF	Wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit	41	10	51
BMWi	Finanzanteile zu Phare und Tacis (EU)	300	96	396
	Ersatzteile Kosloduj und Rowno (Schenkungen)	20	20	40
EVU	Partnerschaften KKW	18	6	24
Summe		583	207	790

¹⁾ davon insgesamt 15,8 Mio. DM zur Umsetzung MoU Ukraine; Stand: Dezember 1997, Quelle: BMU, BMBF

Methoden für	Aufwendungen in Millionen DM			
	1987 - 1989	1990 - 1996	1997 - 1998	gesamt
Werkstoffuntersuchungen		13	2	15
Störfallanalysen	1	17	8	26
Systemanalysen (PSA, Diagnosetechnik, Simulator)		10		10
Summe	1	40	10	51

Tabelle 4-2
BMBF-Förderung für die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit mit Osteuropa

Stand: Dezember 1997, Quelle BMBF

Schwerpunkte der deutschen Beteiligung in multilateralen Programmen sind

- die Programme Phare und Tacis der Europäischen Union (EU)
- Beiträge zum Nuklearen Sicherheitsfonds (NSA) der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBWE) und zum Chernobyl Shelter Fonds (CSF)
- das Extrabudgetary Programme (EBP) der IAEA.

Die Tabelle 4-1 gibt eine Übersicht über die von der Bundesrepublik Deutschland für die Zeit von 1990 bis 1998 für bilaterale und multilaterale Förderungsprogramme bereitgestellten, bzw. vorgesehenen finanziellen Mittel.

werden, um mit osteuropäischen Partnern eine langfristig angelegte wissenschaftlich-technische Kooperation aufzubauen. Sie begann 1987 mit russischen Institutionen und wurde auch auf Institutionen anderer osteuropäischer Länder ausgedehnt.

Die Ergebnisse der mehr als zehnjährigen Zusammenarbeit sind Voraussetzung für sicherheitstechnische Untersuchungen und die Unterstützung der Sicherheitsbehörden.

Die Zusammenarbeit konzentrierte sich auf WWER-Reaktoren, insbesondere zu folgenden Schwerpunkten:

- Untersuchungen zur Komponentensicherheit und Qualitätssicherung

*Kurtschatow-Institut,
Moskau*

4.2 BMBF-Programm

Die Reaktorsicherheitsforschung hat wesentlich zum hohen Stand der Sicherheit deutscher Kernkraftwerke beigetragen. Die Erfahrungen und Ergebnisse der Sicherheitsforschung in Deutschland haben auch maßgeblich die internationale Forschungskoope- ration bestimmt. Die Sicherheitsfor- schung konnte deshalb dafür genutzt



- Methodenentwicklung für Störfallanalysen (Reaktorphysik, Thermohydraulik)
- Untersuchungen zu schweren Störfällen
- Mensch-Maschine-Kommunikation und Anwendung moderner Diagnosemethoden
- Risiko und Zuverlässigkeit, Anwendung probabilistischer Sicherheitsanalysen.

Für RBMK-Anlagen sind Methoden für Störfallanalysen (Reaktorphysik, Thermohydraulik) weiterentwickelt und verifiziert worden.

Die Übergabe einer Großrechenanlage an das Kurtschatow-Institut in Moskau, die Bereitstellung von Computern für verschiedene Institute und die Mitwirkung beim Aufbau eines Kommunikationsnetzes ergänzen das BMBF-Programm. Insgesamt sind vom BMBF für die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit mit Osteuropa bislang ca. 50 Mio. DM aufgewendet worden (Tabelle 4-2).

GRS-IPSN-RISKAUDIT- Büro in Moskau



4.3 BMU-Programm

Das BMU-Programm ist das zentrale Element und bildet den Hauptbestandteil der deutschen Unterstützung zur Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit in Osteuropa. Grundlage für die Arbeiten im Rahmen des BMU-Programms sind Abkommen und gemeinsame Erklärungen mit der Sowjetunion, bzw. mit Rußland und der Ukraine, sowie Abkommen mit weiteren osteuropäischen Staaten.

Die Schwerpunkte und Ziele des BMU-Programms entsprechen weitgehend den ersten Punkten des 1992 in München auf dem G7-Gipfel beschlossenen Aktionsprogramms:

- Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit der Betriebsführung
- kurzfristig notwendige technische Verbesserungen in den Anlagen auf der Grundlage von Sicherheitsbewertungen
- Stärkung der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden zur Kontrolle der kerntechnischen Sicherheit.

Zur Unterstützung und Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit in Osteuropa wurden im BMU-Programm von 1990 bis 1998 mehr als 200 Mio. DM bereitgestellt (Tabelle 4-3).

Die GRS hat in einer gemeinsam mit dem BMU getroffenen Entscheidung zusammen mit IPSN und RISKAUDIT in Moskau und in Kiew ständige Büros eingerichtet. Mit den Büros wurden wesentliche Voraussetzungen geschaffen, um die Kooperation mit Osteuropa wirksam zu gestalten. Die Büros haben einen maßgeblichen Anteil an der Verbesserung der technischen Infrastruktur und dem Entstehen enger Arbeitsbeziehungen zu den osteuropäischen Partnern. Ständige

Präsenz vor Ort ist deshalb zwingend notwendig.

Ein zentrales Element der Arbeiten ist die Unterstützung der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden und ihrer wissenschaftlich-technischen Organisationen. Nur durch die nachhaltige Stärkung der Behördenfunktion kann eine Sicherheitsstruktur nach westlichem Vorbild geschaffen werden. Die in den Behörden und ihren Institutionen arbeitenden Fachleute vermitteln Grundlagen und Verständnis für Sicherheitsfragen in praktisch alle Bereiche von Anlagentechnik und -betrieb.

Bei der Zusammenarbeit mit den Behörden handelt es sich im einzelnen um folgende Aufgaben:

- organisatorisch-administrative Unterstützung vor Ort, Verbesserung der Arbeitsbedingungen und der technischen Infrastruktur
- Seminare und Schulungsmaßnahmen
- Vermittlung westlicher Methoden für Sicherheitsuntersuchungen, die
- Bereitstellung von Rechenprogrammen und gemeinsame wissenschaftlich-technische Untersuchungen zu Sicherheitsfragen
- Unterstützung der Behörden in ihren fachlichen Aufgaben zu Genehmigung und Aufsicht
- Unterstützung bei der Ausarbeitung sicherheitstechnischer Regeln und Richtlinien.



IPSN-GRS-RISKAUDIT-Büro in Kiew

**Tabelle 4-3
BMU-Aufwendungen zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit in Osteuropa**

Aufgaben	Aufwendungen in Millionen DM		
	1990 - 1996	1997 - 1998	gesamt
Stärkung der Sicherheitsbehörden			
• Aufbau und organisatorische Unterstützung	20	6	26
• Fachliche Zusammenarbeit, Sicherheitsuntersuchungen	43	12	55
Sicherheitsbewertungen, Nachrüstprogramme	21	7	28
Verbesserung der Betriebssicherheit	26	2	28
Technische Ausrüstungen	40	2	42
Brennstoffkreislauf	2	1	3
Strahlenschutz	20	1	21
Sonstige Aktivitäten	5	(< 0,5)	5
Summe	177	31	208

Stand: Dezember 1997, Quelle: BMU



**KKW Balakowo,
Rußland**

Neben den Arbeiten für die Behörden ist auch der fachliche Austausch und die Zusammenarbeit mit industrieseitigen Organisationen der Hersteller und Betreiber notwendig. Auf diese Weise können nur dort verfügbare Kenntnisse und Unterlagen genutzt werden.

Die sicherheitstechnischen Untersuchungen und technischen Maßnahmen konzentrieren sich auf beispielhafte Projekte. Zu den Arbeiten für die WWER-Anlagen sind zwei Referenzanlagen der Baulinie WWER-1000 ausgewählt worden, das KKW Balakowo in Rußland und das KKW Rowno (Block 3) in der Ukraine.

Ziel der Arbeiten ist es, in Deutschland angewandte Sicherheitsmethodik, Vorgehensweise und Sicherheitspraxis zu vermitteln. Mit den Projekten in Balakowo und Rowno werden zugleich Anstöße für eigene Initiativen der östlichen Partner zu entsprechenden Sicherheitsverbesserungen auch in anderen Anlagen gegeben.

Die fachliche Arbeit gemeinsam mit wissenschaftlich-technischen Institutionen und den industrieseitigen Organisationen umfaßt folgende Punkte:

- Sicherheitsuntersuchungen und Empfehlungen für Sicherheitsverbesserungen
- Stellungnahmen zu Nachrüstprogrammen
- Analysen und Vorschläge zur Verbesserung der Betriebsführung
- Technische Unterstützung für die KKW Balakowo (Rußland) und Rowno (Ukraine)
- Know-how Transfer zu Wiederkehrenden Prüfungen.

Die Arbeiten haben zu erheblichen Fortschritten in der Reaktorsicherheit in Osteuropa geführt. Dies gilt sowohl für die Zusammenarbeit mit den Behörden als auch für die Kooperation mit den Institutionen der Industrie. Mit den bilateralen Arbeiten wurden von deutscher Seite erhebliche Vorleistungen auch für internationale Projekte erbracht.

4.4 Weitere Aktivitäten

Im Rahmen der nuklearen Abrüstung verfolgt die russische Seite die energetische Nutzung des konvertierten Waffenplutoniums. Hierzu wurden gemeinsam mit dem Ministerium für Atomenergie und Industrie der russischen Föderation (Minatom) im Auftrag des Auswärtigen Amtes die Machbarkeit und Sicherheit von Lösungsvorschlägen untersucht.

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) ist auf dem Gebiet der Radioaktivitätsmessungen und der Umweltüberwachungen tätig. Systeme zur Überwachung der Umweltradioaktivität wurden mit deutscher Unterstüt-

zung in Tschechien, der Slowakei und in Rußland installiert.

Im Rahmen der bayerisch-russischen Arbeitsgruppe zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit in Rußland werden Konzepte für neue Reaktoren erörtert. Die GRS hat hierbei im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (BStMLU) das neue russische Reaktorkonzept WWER-640/W-407 sicherheitstechnisch bewertet.

Auch die Technischen Überwachungsvereine (TÜV) sind in Osteuropa auf sicherheitstechnischem Gebiet tätig. Das Spektrum der Tätigkeiten geht über Personalqualifikation, Methodentransfer bis hin zur Zertifizierung von sicherheitsrelevanten Komponenten.

4.5 Industrieseitige Zusammenarbeit und Partnerschaften

Nach Gründung der World Association of Nuclear Operators (WANO) 1989 beteiligen sich auch die osteuropäischen Betreiber an dem weltweiten Informationsaustausch und profitieren von den verfügbar gemachten Betriebserfahrungen. Die deutschen Betreiber haben ein Sicherheitspartnerschaftsprogramm aufgebaut. Dieses Programm wird seit mehreren Jahren in fast allen WWER-Anlagen erfolgreich umgesetzt. Beispielhaft für diese Beziehungen ist die Partnerschaft zwischen dem KKW Biblis und dem KKW Balakowo.

Tabelle 4-4
Sicherheitspartnerschaften zwischen deutschen und osteuropäischen Kernkraftwerken

Partnerland	Anlage	Anlagentyp	Deutsche Partneranlage
Rußland	Balakowo	WWER-1000/W-320	Biblis
	Kalinin	WWER-1000/W-338	Brokdorf
	Nowoworonesh	WWER-440/W-230, WWER-1000/W-187	Gundremmingen
	Kola	WWER-440/W-230 und W-213	Emsland
	Smolensk	RBMK-1000	Unterweser
	Leningrad	RBMK-1000	Isar-1
Slowakei	Bohunice	WWER-440/W-230 und W-213	Grohnde
	Mochovce	WWER-440/W-213	Isar-2
Tschechien	Dukovany	WWER-440/W-213	Obrigheim
	Temelin	WWER-1000/W-320	Isar-2
Ukraine	Südukraine	WWER-1000/W-302, W-338 und W-320	Grohnde
	Saporoshje	WWER-1000/W-320	Neckarwestheim
	Chmelnyzki	WWER-1000/W-320	Philippsburg
	Rowno	WWER-440/W-213, WWER-1000/W-320	Mühlheim-Kärlich
Ungarn	Paks	WWER-440/W-213	Isar-2

Internationale Programme der Zusammenarbeit

5.1 Aktivitäten der G7

Wirtschaftsgipfel München 1992

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich frühzeitig darum bemüht, auch international eine breite und wirksame Unterstützung zur Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit in Osteuropa zu erreichen.

Durch eine Initiative der Bundesregierung wurde die Sicherheit der Kernkraftwerke in Osteuropa 1992 in München erstmals ein wichtiges Thema der jährlichen Wirtschaftsgipfel der G7-Staaten.

Auf dem Münchener Gipfel verständigten sich die G7-Staaten auf ein Aktionsprogramm, das bis heute die konzeptionelle Basis aller weltweit unternommenen Anstrengungen zur Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit in Osteuropa ist. Das Aktionsprogramm unterscheidet zwischen kurzfristig erforderlichen Maßnahmen und mittel- und langfristigen Maßnahmen.

Die kurzfristig erforderlichen Maßnahmen betreffen:

- Verbesserungen der Sicherheit der Betriebsführung

- notwendige technische Verbesserungen in den Anlagen auf der Grundlage von Sicherheitsbewertungen

- Aufbau und Stärkung der Behörden zur Kontrolle der nuklearen Sicherheit.

Mittel- und langfristige Maßnahmen betreffen:

- Untersuchungen zu Ersatzenergien, um weniger sichere Anlagen außer Betrieb nehmen zu können
- die Nachrüstung sicherheitstechnisch modernerer Anlagen.

Das Aktionsprogramm geht davon aus, daß die RBMK-Reaktoren und die Druckwasserreaktoren WWER-440/W-230 nicht mit vertretbarem Aufwand auf ein sicherheitstechnisch akzeptables Niveau nachgerüstet werden können. Sie sollten daher nicht länger als unbedingt erforderlich betrieben werden. Für den befristeten Weiterbetrieb dieser Anlagen sind kurzfristig technische Maßnahmen, vor allem zur Verbesserung der Betriebssicherheit, notwendig.

Die im Aktionsprogramm getroffenen Vereinbarungen wurden auf verschiedenen Ebenen umgesetzt. Es sind dies:

- Bilaterale Unterstützung durch einzelne Länder
- Multilaterale Unterstützung in internationalen Förderungsprogrammen und Fonds
- Zusammenarbeit im Rahmen internationaler technischer Organisationen (z. B. IAEA, WANO, OECD u. a.)
- Abstimmung und Koordination aller Programme in einem Koordi-

G7-Gipfeltreffen 1992 in München





Moskauer Sicherheitsgipfel 1996

nierungsmechanismus der G24-Staaten (Gruppe der 24 wirtschaftlich entwickelten OECD-Staaten).

Wirtschaftsgipfel Tokio 1993

In Tokio wurden die Weltbank und die EBWE aufgefordert, die osteuropäischen Staaten bei der Entwicklung längerfristiger Energiestrategien zu unterstützen.

Wirtschaftsgipfel Neapel 1994 und das Memorandum of Understanding 1995

Auf deutsch-französische Initiative hin befaßte sich der Wirtschaftsgipfel in Neapel mit der Stilllegung des KKW Tschernobyl und der Reform des Energiesektors in der Ukraine. Es folgten längere Verhandlungen mit der ukrainischen Regierung. Im Dezember 1995 vereinbarten die G7-Staaten und die EU-Kommission mit der ukrainischen Regierung das „Memorandum of Understanding on the Closure of the Chernobyl Nuclear Power Plant“ (MoU).

Mit dem MoU wurde ein umfassendes Programm zur Unterstützung der Stilllegung des KKW Tschernobyl im Jahre 2000 vereinbart. Die G7-Staaten sicherten zu:

- Finanzmittel für die Schließung des KKW Tschernobyl und für die Sanierung des Sarkophags bereitzustellen
- darauf hinzuwirken, daß durch die internationalen Finanzinstitutionen Kredite für den Fertigbau zweier Anlagen WWER-1000 bereitgestellt werden
- die Rekonstruktion und Reform des Energiesektors zu unterstützen.

Sicherheitsgipfel Moskau 1996

Aus Anlaß des 10. Jahrestages des Unfalls in Tschernobyl haben sich die G7-Staaten und Rußland auf dem Sicherheitsgipfel in Moskau verpflichtet, der kerntechnischen Sicherheit bei der Nutzung der Kernenergie absoluten Vorrang zu geben. Alle Staaten werden dazu angehalten, Reaktoren, die die international gültigen Sicherheitsanforderungen nicht erfüllen, nachzurüsten oder außer Betrieb zu nehmen.



IAEA, Wien

5.2 IAEA-Programm

Die International Atomic Energy Agency (IAEA) in Wien war vor den politischen Veränderungen in Osteuropa praktisch das einzige Ost-West-Forum für den Informations- und Erfahrungsaustausch zur Reaktorsicherheit. Wichtig waren die von der IAEA organisierten Sicherheitsmissionen (OSART und ASSET) zur Überprüfung der Anlagen. Sie werden seit 1990 verstärkt für Anlagen in Osteuropa durchgeführt.

Des Weiteren werden sie aufgefordert, der Nuklearen Sicherheitskonvention beizutreten. Zugleich wurde auf dem Gipfel vereinbart, die Kooperation auf Sicherheitsfragen des Brennstoffkreislaufs und auf die Anlagensicherung auszudehnen.

Wirtschaftsgipfel Denver 1997

In Denver wurden Maßnahmen zur Unterstützung der Ukraine beim Lösen der mit Tschernobyl 4 und dem Sarkophag zusammenhängenden Aufgaben beschlossen. Über einen speziellen Fonds bei der EBWE – den Chernobyl Shelter Fonds (CSF) – soll dafür ein international ausgearbeiteter Shelter Implementation Plan (SIP) realisiert werden.

Wirtschaftsgipfel Birmingham 1998

Auf dem Wirtschaftsgipfel in Birmingham kam die G8 überein, Rußlands Beteiligung an den Aktivitäten der Arbeitsgruppe Nukleare Sicherheit (NSWG) zu stärken.

Veranlaßt durch eine Initiative der Bundesregierung führt die IAEA seit 1990 ein Sonderprogramm zur Sicherheitsbeurteilung und -ertüchtigung von WWER-Anlagen durch. Das Programm wurde 1993 um die Beurteilung von RBMK-Anlagen erweitert. Es soll 1998 abgeschlossen werden.

An den Arbeiten zum IAEA-Programm ist die GRS im Auftrag des BMU beteiligt. Neben anderen deutschen Institutionen hat die GRS dabei auf der Grundlage ihrer eigenen Untersuchungen maßgeblich in den Steering-Committees für WWER und RBMK des Programms, in Expertentreffen und Sicherheitsmissionen mitgearbeitet.

Die IAEA hat in ihren Arbeiten Sicherheitsdefizite der WWER- und der RBMK-Reaktoren identifiziert und nach ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung bewertet. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind heute eine wichtige Grundlage zur Ausarbeitung von Nachrüstprogrammen für WWER- und RBMK-Anlagen.

Zeitraum	Budgets in MECU		
	Phare	Tacis	gesamt
1990	4	-	4
1991	17	53	70
1992	29	60	89
1993	25	88	113
1994	31	91	122
1995	27	96	123
1996	6	117	123
1997	12	68	80
Summe	151	573	724

Tabelle 5-1
Jahresbudgets der
Programme Phare und
Tacis (nuklear)

Stand: November 1997, Quelle: EU/DG I A

5.3 EU-Programme Phare und Tacis

Phare und Tacis sind Förderungsprogramme der Kommission der Europäischen Union, mit denen die osteuropäischen Staaten seit 1990/91 beim Aufbau demokratischer Strukturen und der Marktwirtschaft unterstützt werden. Phare dient der Unterstützung der mittel- und osteuropäischen Länder (MOE) und Tacis der Förderung der Nachfolgestaaten der Sowjetunion (NUS).

In diesen Programmen sind auch finanzielle Mittel zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit enthalten. Sie betragen ca. 720 MECU für die Jahresbudgets 1990 bis 1997 (Tabelle 5-1). Knapp 80 % der Mittel entfallen auf Tacis und ca. 20 % auf Phare.

Zur fachlichen Koordination der Programme und zur Unterstützung der Europäischen Kommission haben Behörden, Technische Sicherheitsorganisationen und die Industrie aus den

EU-Mitgliedsstaaten verschiedene Gremien gebildet.

Das sind auf Seiten der Behörden und Technischen Sicherheitsorganisationen (TSOs):

- die Regulatory Assistance Management Group (RAMG) zur regulatorischen Unterstützung der osteuropäischen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden
- die Technical Safety Organisation Group (TSOG) zur Beratung der EU und fachlichen Unterstützung der osteuropäischen Behörden in Kooperation mit deren wissenschaftlich-technischen Institutionen

sowie auf Seiten der Industrie:

- die Twinning Programme Engineering Group (TPEG), eine eigenständige Organisation westlicher Betreiber zur Beratung und Unterstützung der EU
- das European Nuclear Assistance Consortium (ENAC), eine Vertretung verschiedener Hersteller aus

den EU-Mitgliedsländern zur technischen Unterstützung der EU und osteuropäischer Industriepartner.

Die Schwerpunkte der mit Phare und Tacis geförderten Vorhaben zur nuklearen Sicherheit liegen mit einem finanziellen Anteil von mehr als 80 % bei der Industrie. Knapp 15 % der Gesamtmittel (ohne den EU-Beitrag zum MoU) entfallen auf die Unterstützung der Behörden und ihrer wissenschaftlich-technischen Institutionen (Tabelle 5-2).

In den ersten Jahren konzentrierten sich die Fördermaßnahmen hauptsächlich auf Sicherheitsstudien und -analysen. Die Schwerpunkte der Unterstützung haben sich in letzter Zeit folgerichtig auf direkte Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit in den Anlagen verlagert. So entfällt z. B. ein großer Teil der industrieseitigen Unterstützung für Rußland und die

Ukraine (im Jahresbudget 1996 für Rußland ca. 50 % der Mittel) auf die direkte Unterstützung vor Ort in den Anlagen (On-site Assistance).

Die Aufgaben zur Unterstützung der Sicherheitsbehörden auf dem Gebiet gesetzlicher Regelungen und Sicherheitsrichtlinien werden von der Regulatory Assistance Management Group (RAMG) wahrgenommen. Um den Anforderungen der östlichen Sicherheitsbehörden gezielt entsprechen zu können, wird die RAMG dabei von einer gemeinsamen Gruppe östlicher und westlicher Behörden, der CONCERT-Group, beraten.

Derzeit gibt es praktisch für alle osteuropäischen Länder im Rahmen der Programme Phare und Tacis Vorhaben, mit denen die Sicherheitsbehörden bei der Erarbeitung atomrechtlicher Grundlagen, bei der Erstellung

Tabelle 5-2
Aufwendungen
aus Phare und Tacis
(nuklear) nach Auf-
gaben/Projektbereiche

Aufgaben/Projektbereiche	Aufwendungen in MECU
	1990 - 1996
Maßnahmen für Kernkraftwerke	
• Unterstützung vor Ort (On-site Assistance)	125
• Sicherheitsverbesserungen (Auslegung und Betrieb)	165
• Know-how Transfer	89
Brennstoffkreislauf, Entsorgung	12
Unterstützung der Sicherheitsbehörden	
• Regeln und Standards (Regulatory Support)	32
• Technische Unterstützung (TSO)	41
Anlagensicherung	11
Notfallschutz	8
Sonstige Aktivitäten (Forschung u.a.)	29
EU-Beitrag zum MoU Ukraine	106
Management	26
Summe (1990 - 1996)	644

Stand: Dezember 1997, Quelle: EU/DG I A
(MECU - Millionen ECU)

sicherheitstechnischer Regelwerke und beim Aufbau leistungsfähiger Genehmigungs- und Aufsichtsstrukturen unterstützt werden.

Die Technischen Sicherheitsorganisationen der EU-Länder, zusammengeslossen in der Technical Safety Organisation Group (TSOG), leisten Beiträge zur fachlich-technischen Unterstützung der Sicherheitsbehörden und ihrer wissenschaftlich-technischen Institutionen. Dabei übernehmen die einzelnen TSOs jeweils Aufgaben, die ihren Arbeitsschwerpunkten und ihrer fachlichen Qualifikation entsprechen.

Es werden hauptsächlich Aufgaben auf den Gebieten des Methodentransfers, zur fachlichen Unterstützung der Behörden und zur Bewertung von Nachrüstprogrammen durchgeführt. Als deutsches Mitglied der TSOG ist die GRS führend an den TSO-Arbeiten beteiligt.

In den Programmen Phare und Tacis werden beträchtliche Mittel zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit in Osteuropa bereitgestellt. Sie sind gemessen an den tatsächlichen Erfordernissen jedoch zu gering. Die Erwartungen, die ursprünglich von östlicher Seite in die Programme gesetzt worden waren, konnten daher nur zum Teil erfüllt werden.

5.4 Nuklearer Sicherheitsfonds

Mit dem Nuklearen Sicherheitsfonds (NSA) werden finanzielle Mittel für dringend notwendige Verbesserungen zum befristeten Weiterbetrieb von älteren Anlagen bereitgestellt.

Der Nukleare Sicherheitsfonds ist bei der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBWE) in London eingerichtet (Tabelle 5-3). Der deutsche Beitrag umfaßt ca. 38 MECU.

Tabelle 5-3 Beiträge der Geberländer zum NSA (1993 - 1997)

Geber	Beiträge in MECU
Belgien	2
Dänemark	4
Deutschland	38
Europäische Union ¹⁾	20
Finnland	4
Frankreich	57
Großbritannien	26
Italien	21
Japan	23
Kanada	12
Niederlande	4
Norwegen	4
Schweden	9
Schweiz	11
USA	26
Summe	261

¹⁾ darin ca. 5.5 MECU deutscher Finanzierungsanteil; Stand: Dezember 1997, *Quelle:* EBWE

Aus dem NSA sind bisher Projekte in Bulgarien, Litauen und Rußland mit einem Gesamtvolumen von ca. 144 MECU (deutscher Anteil 22 MECU) finanziert worden, weitere Mittel in Höhe von 118 MECU (deutscher Anteil 16 MECU) sind zur Finanzierung der Stilllegung des KKW Tschernobyl (Blöcke 1 - 3) bereitgestellt (Tabelle 5-4).

Länder	Projekte	Aufwendungen [MECU]
Bulgarien	Kosloduj 3 - 4 • Nachrüstung	24
Litauen	Ignalina 1- 2 • Technische/betriebliche Kurzfristmaßnahmen • Sicherheitsbericht und Bewertung	43
Rußland	Leningrad 1 - 4; Kola 1- 2; Nowoworonesh 3- 4, • Technische/betriebliche Kurzfristmaßnahmen • Unterstützung der Genehmigungsbehörde	76
Ukraine	Tschernobyl • Technische/betriebliche Kurzfristmaßnahmen Block 3 • Vorbereitung Stilllegung Blöcke 1 - 3 • BE-Lagerung und Abfallbehandlung	118
Summe		261

Stand: Dezember 1997, Quelle: EBWE

Tabella 5-4
Übersicht über
projektbezogene
Aufwendungen des NSA

Zu Tschernobyl ist ein weiterer Fonds – der Chernobyl Shelter Fonds (CSF) – bei der EBWE zur Realisierung des Shelter Implementation Plans (SIP) zum sicheren Einschluß des zerstörten Reaktors eingerichtet worden.



5.5 G24-Koordination

Auf Anregung der G7 wurde ein Koordinationsmechanismus, die Nuclear Safety Assistance Coordination (NU-SAC), eingerichtet, dem sich die G24-Staaten angeschlossen haben.

Die mit der Koordination verbundenen Aufgaben werden von einem technischen Sekretariat der G24 bei der Europäischen Kommission in Brüssel wahrgenommen. Das Sekretariat hat eine Datenbank aufgebaut, die alle bilateralen und multilateralen Projekte zur Unterstützung der osteuropäischen Länder erfaßt. Die Datenbank enthält gemäß Angaben von Geberländern und Institutionen zur Zeit Informationen zu ca. 1300 Projekten, die ein Finanzvolumen von etwa 1500 MECU umfassen (Tabellen 5-5 und 5-6).

Europäische Bank für Wiederaufbau und Entwicklung, London

Tabelle 5-5
Angaben aus der G24-Datenbank
zu Förderungsaufwendungen der
Geber

Geber	Beträge [MECU]
EU	654
Belgien	6
Dänemark	2
Frankreich	86
Deutschland	161
Italien	23
Niederlande	5
Spanien	2
Großbritannien	32
Österreich	(0,1)
Finnland	14
Norwegen	13
Schweden	36
Schweiz	13
Kanada	31
Japan	127
USA	246
EBWE	(0,6)
EIB	(0,1)
Weltbank	(0,6)
OECD	(0,4)
IAEA	28
Summe	1481

Stand: 6. Dezember 1997, Quelle: G24/NUSAC-Datenbank

Tabelle 5-6
Angaben aus der G24-Datenbank
zu Förderungsaufwendungen nach
Empfängerländern

Empfänger	Beträge [MECU]
Bulgarien	112
Ungarn	36
Polen	2
Rumänien	11
Slowenien	3
Tschechien	42
Slowakei	45
Regional/ unspezifiziert	122
Estland	1
Lettland	2
Litauen	91
Armenien	18
Aserbaidtschan	(0,1)
Weißrußland	7
Georgien	(0,2)
Kasachstan	7
Kirgisien	(0,6)
Moldawien	(0,3)
Russische Föderation	545
Ukraine	338
Usbekistan	(0,8)
CIS Regional	97
Summe	1481

Stand: 6. Dezember 1997, Quelle: G24/NUSAC-Datenbank

6

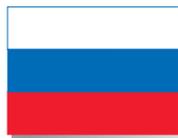
Situation in den osteuropäischen Ländern

Bei den Arbeiten hat sich gezeigt, daß die Ausgangssituation und damit auch die Anforderungen an die Unterstützung und Zusammenarbeit in den einzelnen osteuropäischen Ländern recht unterschiedlich sind. Fortschritte und Verbesserungen in der Reaktorsicherheit hängen auch bei westlicher Unterstützung maßgeblich von der technischen Infrastruktur und der wirtschaftlichen Lage der einzelnen Länder ab. Die Ergebnisse der bisherigen Arbeiten und die damit erreichten Fortschritte müssen daher mit Blick auf die einzelnen Länder differenziert bewertet werden.



Bau des Sarkophags, KKW Tschernobyl, Ukraine

6.1 Rußland



Rußland besitzt die kerntechnische Infrastruktur und das kerntechnische Know-how auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit. Der Erhalt dieser Infrastruktur, der wissenschaftlich-technischen Institutionen und der kerntechnischen Industrie in Rußland ist unbedingt notwendig, um die Reaktorsicherheit in Osteuropa weiter zu stärken und zu verbessern. Rußland kommt eine Schlüsselfunktion zu. Es war daher richtig, vor allem in der bilateralen deutschen Unterstützung einen Schwerpunkt auf die Zusammenarbeit mit Rußland, seinen Behörden, wissenschaftlich-technischen Institutionen und der Industrie, zu setzen. Die Zusammenarbeit mit Rußland ist auch langfristig von grundlegender Bedeutung, um die kerntechnische Sicherheit in Osteuropa weiter zu verbessern.

6.2 Ukraine

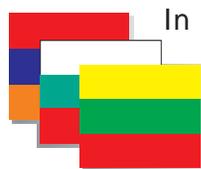


Nach dem Zerfall der Sowjetunion waren die Schwerpunkte der kerntechnischen Industrie und Wissenschaft überwiegend in Rußland verblieben. Andererseits aber befand sich auf dem Gebiet der Ukraine eine Reihe von Kernkraftwerken mit teilweise erheblichen Sicherheitsmängeln und Schwächen in der Betriebsführung. Eine eigene nationale Sicherheitsbehörde mußte erst aufgebaut werden, ebenso eine wissenschaftlich-technische Sachverständigenorganisation zur fachlichen Unterstützung der Behörden. Auf der Industrieseite bestand und besteht auch heute noch bei der kerntechnischen Ausrüstung und der Brennstoffversorgung eine starke Abhängigkeit von Rußland.

Die nach wie vor sehr schlechten wirtschaftlichen Bedingungen in der Ukraine erschweren immer noch Fortschritte bei der Verbesserung der nuklearen Sicherheit. Hinzu kommen die Probleme in Tschernobyl, die von der Ukraine allein nicht bewältigt werden können. Die Arbeiten zum sicheren Einschluß des 1986 beim Unfall zerstörten Reaktors erfordern auch langfristig große internationale Anstrengungen.

Gemessen an der Anfang der neunziger Jahre angetroffenen Ausgangssituation ist allerdings einiges erreicht worden. So war es richtig, im bilateralen deutschen Programm des BMU neben Rußland die Unterstützung auf die Ukraine, die Zusammenarbeit mit ihrer Sicherheitsbehörde und gezielte technische Verbesserungen zur Erhöhung der Betriebssicherheit in den Anlagen zu konzentrieren.

6.3 Armenien, Bulgarien, Litauen



In Armenien und in Bulgarien sind ältere WWER-Reaktoren vom Typ W-230, in Litauen zwei RBMK-Reaktoren in Betrieb.

Diese Länder verfügen praktisch über keine kerntechnische Infrastruktur.

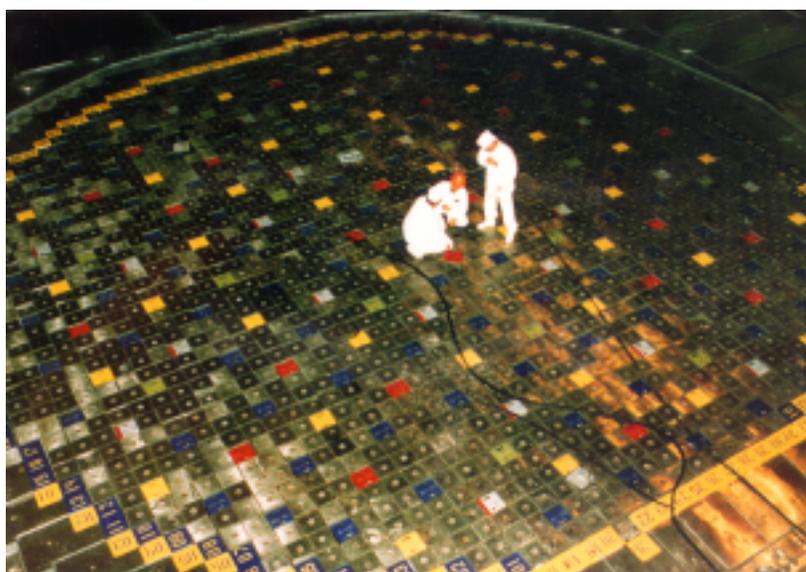
In Bulgarien und in Litauen bestanden in den Anlagen sowohl in der technischen Auslegung als auch in der Betriebsführung schwere Sicherheitsmängel. Aus Sicht der Länder gab es jedoch keine Möglichkeiten, die Anlagen kurzfristig abzuschalten, da beide Länder einen hohen nuklearen



KKW Saporoshje, Ukraine

Anteil an der Stromerzeugung aufweisen. Es war daher erforderlich, dringend notwendige Sicherheitsverbesserungen kurzfristig vorzunehmen. Von den westlichen Ländern wurde hierzu wirksame Unterstützung geleistet. Obwohl damit nicht alle Sicherheitsdefizite beseitigt werden konnten, wurde die Sicherheit der Anlagen erheblich verbessert. Zugleich konnten mit der westlichen Unterstützung die Sicherheitsbehörden aufgebaut bzw. gestärkt werden.

RBMK-Reaktor



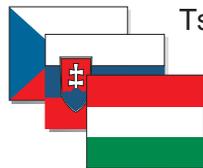
In Armenien wurde aufgrund der katastrophalen Energiesituation Block 2 des KKW Medsamor im Herbst 1995 erneut wieder in Betrieb genommen. Erste Sicherheitsverbesserungen werden zur Zeit mit westlicher Unterstützung vorgenommen.

Für alle drei Länder ist langfristig eine Unterstützung von westlicher Seite notwendig, um die Sicherheit der Kernkraftwerke nachhaltig zu verbessern.



KKW Paks, Ungarn

6.4 Tschechien, Slowakei, Ungarn



Tschechien, die Slowakei und Ungarn verfügen auf einigen Gebieten über eigene wissenschaftlich-technische Forschungskapazitäten, Tschechien auch über eine kerntechnische Industrie. In diesen Ländern sind vergleichsweise große eigene Anstrengungen zur Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit unternommen worden. So wurde in den in

Betrieb befindlichen Anlagen WWER-440/W-230 sowie W-213 des KKW Bohunice (Slowakei) und den W-213 des KKW Dukovany (Tschechien) und Paks (Ungarn) eine Reihe von Sicherheitsverbesserungen bereits realisiert. Die westliche Unterstützung konzentrierte sich daher hauptsächlich auf Einzelvorhaben zu ausgewählten Sicherheitsfragen.

Die personellen Kapazitäten der Sicherheitsbehörden sind begrenzt, so daß eine fachliche Unterstützung der Behörden, unter anderem bei den Arbeiten zur Fertigstellung und Inbetriebnahme der KKW Temelin (WWER-1000, Tschechien) und Mochovce (WWER-440/W-213, Slowakei), weiterhin notwendig ist.



KKW Mochovce, Tschechien

Unterstützung der Sicherheitsbehörden

7

7.1 Neue Sicherheitsstrukturen

Vor den politischen Veränderungen wurde die Organisation und Entwicklung der Kerntechnik in Osteuropa durch die Sowjetunion dominiert. Die sowjetische Atomwirtschaft gehörte zum militärisch-industriellen Komplex. Den Sicherheitsinteressen wurde praktisch kein Vorrang eingeräumt. Es fehlten eine wirklich unabhängige und eigenständige Kontrollinstanz zur Überwachung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes sowie eine Atomgesetzgebung.

Der Unfall in Tschernobyl bewirkte Änderungen. Die Sicherheitsbehörden konnten, wenn auch in den einzelnen Ländern unterschiedlich, ihre Zuständigkeiten für Genehmigung, Aufsicht und Steuerung der nationalen Sicherheitsforschung besser wahrnehmen. Die internationalen Kontakte wurden intensiviert, insbesondere über die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA) in Wien. Im gemeinsamen Rat der osteuropäischen Kontrollorgane wurden 1989 erstmals sicherheitstechnische Grundsätze für in Betrieb befindliche WWER-Anlagen und zur Rekonstruktion der älteren Anlagen WWER-440/W-230 ausgearbeitet. Nach wie vor hatten die staatlichen Behörden zur Sicherheitskontrolle allerdings nur einen begrenzten Einfluß.

Unabhängige Sicherheitsbehörden entwickelten sich erst seit Beginn der neunziger Jahre. Doch fehlten überall noch wichtige Voraussetzungen, wie ausreichende Finanzierung und technische Erfahrungen, um in kurzer Zeit eigenständige und fachlich qualifizierte Behörden aufbauen zu können. Obwohl inzwischen in allen Ländern Osteuropas organisa-

torisch eigenständige Behörden geschaffen worden sind, sind deren Schwierigkeiten auch heute noch nicht überwunden. Hierfür gibt es mehrere Gründe:

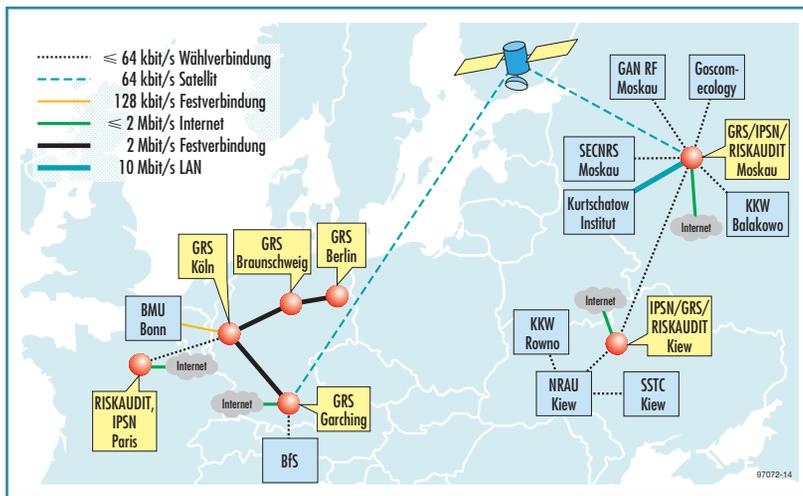
- **Mangel an sachkompetentem Personal**

Die Veränderung der früheren Strukturen, die Ausbildung einer mehrsträngigen Sicherheitsstruktur zwischen Wissenschaft, Industrie und Sicherheitsbehörden als jeweils eigenständige und fachlich qualifizierte Partner erfordert Zeit und Geld. Nach wie vor halten hochqualifizierte Fachleute die Arbeit in den Sicherheitsbehörden und deren Institutionen für wenig attraktiv.

- **Unzureichende Infrastruktur und gesetzliche Grundlagen**

Nach dem Zerfall der Sowjetunion verfügten die osteuropäischen Länder nicht über eine ausreichende organisatorische und technische Infrastruktur. Das betrifft auch die Sicherheitsbehörden und die technischen Sachverständigenorganisationen. In den Nachfolgestaaten der Sowjetunion, so in der Ukraine, in Litauen, in Armenien, aber auch in der Slowakei, mußten Sicherheitsbehörden erst aufgebaut werden. In keinem osteuropäischen Land gab es Institutionen, die als unabhängige technische Sachverständigenorganisationen tätig waren.

In den osteuropäischen Staaten wurden gesetzliche Grundlagen beginnend mit nationalen Atomgesetzen geschaffen. Dieser Prozeß ist auch heute noch nicht abgeschlossen. Auch in Rußland wurden neue gesetzliche Grundlagen und Organisationsstrukturen für



GRS-Kommunikationsnetz
(Sprache, Fax, Daten)

Genehmigung und Aufsicht geschaffen.

- **Komplizierte volkswirtschaftliche Rahmenbedingungen**

Der Eigenständigkeit selbständiger und in ihren Entscheidungen wirklich unabhängiger Behörden werden nicht zuletzt durch die schwierigen wirtschaftlichen Verhältnisse in den meisten osteuropäischen Ländern Grenzen gesetzt. Das gilt vor allem für einen Teil der kleineren Länder. Die Bewältigung der Sicherheitsprobleme – dabei auch der in einigen Ländern für notwendig gehaltene Ausbau der Kernenergie – geben bei national nur begrenzt verfügbaren wirtschaftlichen Ressourcen keine großen Bewegungsspielräume.

Für das Entstehen nationaler Sicherheitsstrukturen, die positive westliche Erfahrungen übernehmen, kann die Bedeutung technisch qualifizierter und unabhängiger Sicherheitsbehörden nicht hoch genug eingeschätzt werden. Aufbau und Stärkung der Sicherheitsbehörden sind entscheidend, um die Reaktorsicherheit in Osteuropa zu verbessern und auch langfristig zu gewährleisten. Die umfassende, vor allem aber technisch

orientierte Unterstützung der Sicherheitsbehörden ist daher außerordentlich wichtig.

7.2 Organisatorische Unterstützung

Mit den technischen Büros in Moskau und Kiew hat die GRS einen entscheidenden Schritt in Richtung direkter organisatorischer Unterstützung der russischen und ukrainischen Sicherheitsbehörde und einer intensiveren Kooperation getan.

Eine erste dringende Aufgabe war die Beseitigung von Hemmnissen in der Infrastruktur. Die Telekommunikation war dabei von besonderer Bedeutung. Hier konnten die Verhältnisse inzwischen deutlich verbessert werden. In der Anfangsphase wurden den Behörden Satellitentelefone als einzige stabile Kommunikationsmöglichkeit bereitgestellt. Besonders in Moskau gelang es mit Unterstützung des Kurtschatow-Institutes, ein Corporate Network aufzubauen. Weitere Partner und Aufgabenfelder, z. B. der Datenaustausch zum Umweltmonitoring, wurden einbezogen.

Eine vordringliche Aufgabe der deutschen Soforthilfe für die russische und die ukrainische Sicherheitsbehörde war die Bereitstellung von Computer- und Kopiertechnik. Damit konnte sowohl in den Sicherheitsbehörden als auch bei den Sachverständigen eine technische Erstausrüstung geschaffen werden. Durch Projektmittel der EU wurde die Ausstattung u. a. durch leistungsfähige Computer für rechenintensive Sicherheitsanalysen weiter verbessert. Die Qualifizierung der östlichen Fachkräfte für Kommu-

nikation und Informationsverarbeitung ist von großer Bedeutung. Insgesamt bleibt die technisch-organisatorische Unterstützung ein entscheidender Bestandteil zur Stärkung unabhängiger Sicherheitsbehörden.

7.3 Ausbildung und Seminare

Im Auftrag des BMU werden von der GRS zusammen mit Vertretern deutscher Behörden und Sachverständigen Seminare, Workshops und Hospitationen zur Schulung von Fachleuten aus osteuropäischen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden und deren wissenschaftlich-technischen Institutionen durchgeführt. Die Veranstaltungen wenden sich auch an Fachleute aus der Industrie. Ziel ist es, osteuropäische Fachleute mit den in Deutschland angewendeten Sicherheitsprinzipien und deutscher Sicherheitspraxis vertraut zu machen.

Bei der Behandlung grundlegender Sicherheitsanforderungen werden die Sicherheitskonzeption deutscher Nuklearanlagen, atomrechtliche Grundlagen, die deutsche Sicherheitsgesetzgebung, Sicherheitsrichtlinien und das sicherheitstechnische Regelwerk dargestellt.

In Seminaren zum Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren wird informiert über Zuständigkeiten und Aufgaben der an der Genehmigung und Aufsicht beteiligten Partner, Aufgaben der unabhängigen Sachverständigenorganisationen, Administration und Finanzierung sowie Haftung und Verantwortungsregelungen.

Bei Seminaren zur Qualitätssicherung im Betrieb erhalten die Teilnehmer Ein-

blick in Aufbau von Betriebsorganisation und -management, Anforderungen an Anlagen- und Betriebsdokumentation, Auswertung von Betriebs Erfahrungen, sowie Fachkunde und Qualifizierung des Personals in den Anlagen (Betriebsanweisungen, Simulatorschulung u. a.).

Seit 1992 wurden etwa 65 Seminare, Workshops und Hospitationen hauptsächlich in Rußland, in der Ukraine und in Deutschland durchgeführt. Mehr als 1600 Fachleute haben an diesen Veranstaltungen teilgenommen.

Die Seminare, Workshops und Hospitationen finden große Resonanz bei den Teilnehmern. Die Veranstaltungen tragen dazu bei, Fachinformationen und Erfahrungen miteinander auszutauschen. Damit gelingt es, eine Breite des Erfahrungsaustausches zu schaffen, die über andere Formen der Kooperation nicht erreicht werden kann. Die Seminare sind auch für die zukünftige Arbeit ein wichtiges Element, um das Sicherheitsbewußtsein in Osteuropa zu stärken.

Teilnehmer eines Seminars



7.4 Sicherheitsanforderungen, Regeln und Richtlinien

Im Rahmen der bilateralen vom BMU geförderten Arbeiten besteht vor allem mit Rußland und der Ukraine seit Jahren eine intensive Zusammenarbeit auf dem Gebiet sicherheitstechnischer Regeln und Richtlinien. In den letzten Jahren ist diese Arbeit immer wichtiger geworden.

In Rußland wird gegenwärtig das gesamte sowjetische kerntechnische Regelwerk systematisch überarbeitet und an die heutigen Anforderungen eines Genehmigungsverfahrens angepaßt. Für die Erteilung längerfristiger Betriebsgenehmigungen für bestehende Anlagen wird eine umfassende Sicherheitsbewertung verlangt. Richtlinien zu Umfang und Inhalt dieser von den Betreibern zu erstellenden Sicherheitsbewertungen wurden von der russischen Behörde erarbeitet. Die GRS wirkte dabei beratend mit. Von der GRS, der Behörde (GAN-

RF) und ihrem wissenschaftlich-technischen Zentrum (SECNRS) werden russische Normen und Richtlinien mit deutschen Sicherheitsanforderungen und -richtlinien verglichen. Die Ergebnisse dieses Vergleichs sollen dazu genutzt werden, Regeln und Richtlinien soweit erforderlich weiterzuentwickeln.

In der Ukraine bestehen ähnliche Anforderungen zur Weiterentwicklung des nationalen Regelwerkes. Das 1995 in Kraft getretene Atomgesetz verlangt für den Betrieb der Kernkraftwerke eine Genehmigung auf Grundlagen, die internationalen Anforderungen und Vorgehensweisen entsprechen. Die ukrainische Behörde hat hierzu in einem Leitnormativ Anforderungen an einen Sicherheitsbericht für in Betrieb befindliche Kernkraftwerke mit WWER-Reaktoren ausgearbeitet. Eine Arbeitsgruppe unter Leitung der GRS hat zum Leitnormativ fachlich Stellung genommen.

Der BMU beteiligt die GRS auch im Rahmen der Phare- und Tacis-Projekte zum Aufbau und zur Unterstützung der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden der osteuropäischen Länder. Diese Projekte – koordiniert durch die Regulatory Assistance Management Group (RAMG) der EU – werden gemeinsam von Behörden und Technischen Sicherheitsorganisationen (TSOs) aus EU-Ländern in Abstimmung mit den Behörden der osteuropäischen Länder durchgeführt. Dabei werden Grundlagen und Vorgehensweisen zu Genehmigung und Aufsicht sowie zu kerntechnischen Regeln und Richtlinien vermittelt, wie sie in den westeuropäischen Ländern bereits bestehen und praktiziert werden.

Workshop zu aktuellen Sicherheitsfragen



Fachliche Zusammenarbeit

In diesem Kapitel wird ein Überblick zu den Arbeiten und Ergebnissen in den verschiedenen technischen Aufgabenfeldern der Ostvorhaben gegeben. Dabei werden wissenschaftlich-technische Grundlagenuntersuchungen zur Reaktorsicherheit, Arbeiten zur Sicherheitsbeurteilung von Kernkraftwerken und Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebssicherheit in den Anlagen behandelt. Weiterhin wird ein Überblick über die Arbeiten auf dem Gebiet des Brennstoffkreislaufs und zur Sanierung in Tschernobyl gegeben.

Sicherheitsanalyse zu vermitteln und hierzu geeignete Rechenprogramme bereitzustellen.

Ein Schwerpunkt dieser Arbeiten ist der Methodentransfer für **thermohydraulische Störfallanalysen**. Tabelle 8-1 gibt einen Überblick über die hierzu von der GRS entwickelten und angewendeten Rechenprogramme. Alle Programme sind von der GRS an osteuropäische Partner übergeben worden und werden in gemeinsamen Arbeiten genutzt. Gleichfalls wurden DV-Einrichtungen und leistungsfähige Rechnerarbeitsplätze, unter anderem eine Großrechenanlage für das Kurt-schatow-Institut, bereitgestellt.

8.1 Sicherheitsforschung und Entwicklung

Die Arbeiten zur Sicherheitsforschung und Entwicklung erfolgten hauptsächlich im Rahmen des BMBF-Programms zur wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit. Dabei ging es zunächst darum, die in westlichen Ländern praktizierten Methoden der

Als erstes mußten für die Rechen-codes Basisdatensätze erstellt werden. Sie sind notwendig, um an den Rechenprogrammen erforderliche Modellerweiterungen für WWER und RBMK austesten zu können. Des weiteren bilden diese Datensätze die Basis für anlagenspezifische Datensätze, mit denen Sicherheitsuntersuchungen für einzelne Anlagen durchgeführt werden.

Tabelle 8-1
GRS-Rechenprogramme
für Störfallanalysen

Programm	Anwendungsbereich
ATHLET	Thermohydraulik des Reaktorkühlsystems für Transienten, Auslegungsstörfälle und auslegungsüberschreitende Störfälle ohne schwere Kernschäden
ATHLET-CD	Thermohydraulik, Kernaufheizung und Kernzerstörung, Spaltproduktfreisetzung, Spaltprodukttransport für auslegungsüberschreitende Störfälle mit schweren Kernschäden und Kernschmelzunfälle
QUABOX/CUBBOX HYCA	Neutronenkinetik und Leistungsverteilung im Kern für statische nukleare Auslegung, Reaktivitätsstörfälle und Transientenstörfälle
DRASYS	Thermohydraulik im Sicherheitseinschluß mit Naßkondensation (Auslegungsstörfälle)
RALOC	Thermohydraulik im Sicherheitseinschluß mit Wasserstoffverteilung, -verbrennung, -rekombination für Auslegungsstörfälle und auslegungsüberschreitende Störfälle mit schweren Kernschäden

Um spezifische Anlagencharakteristika der WWER- und RBMK-Reaktoren zu erfassen, wurden in den Rechenprogrammen verschiedene Simulationsmodelle erweitert oder auch neu entwickelt. Dazu zählen:

- Modell des WWER-Dampferzeugers, Wärmetauschmodell für RBMK-typische Effekte
- Modelle für die Regelung und Steuerung sowie für die Abschalt-systeme
- Modelle zur Beschreibung der Druckabbauprozesse in den Naßkondensatoren der WWER-440/W-213 und RBMK-Anlagen.

Um Reaktivitätsstörfälle in WWER- und RBMK-Reaktoren genauer berechnen zu können, war es notwendig, neutronenkinetische Rechenprogramme für den Reaktorkern mit dem Thermohydraulik-Programm ATHLET zu koppeln. Für WWER-Reaktoren wurde hierzu das im Kurtschatow-Institut entwickelte 3D-Kernmodell BIPR 8 und für RBMK-Reaktoren das 3D-Programm STEPAN genutzt. Ebenso wurde auch das um RBMK-spezifische Modelle ergänzte GRS-Programm QUABOX/CUBBOX mit ATHLET verknüpft.

Eine weitere Aufgabe bestand darin, die erweiterten Codes mit Voraus- und Nachrechnungen zu Experimenten in Versuchsanlagen und mit Vergleichsrechnungen zu in WWER- und RBMK-Anlagen aufgetretenen Betriebstransienten zu verifizieren. Für die WWER wurden spezifische Verifikationsmatrizen ausgearbeitet. Voraus- und Nachrechnungen mit ATHLET zu finnischen, ungarischen und russischen Integralversuchen zeigten im allgemeinen eine gute Übereinstimmung mit den tatsächlich aufge-

tretenen Versuchsabläufen. Ebenso ergaben die Vergleichsrechnungen zu aufgetretenen Betriebstransienten zufriedenstellende Ergebnisse. Sie bestätigten die zur Regelung und Steuerung vorgenommenen Modellerweiterungen. Für die RBMK existieren noch keine vollständigen Verifikationsmatrizen. Zur Verifizierung von ATHLET wurden RBMK-spezifische Experimente an japanischen und russischen Versuchsständen sowie einige in Anlagen aufgetretene Betriebstransienten nachgerechnet.

Zur Verifikation des Programms QUABOX/CUBBOX für RBMK wurden vereinfachte Benchmarkprobleme im Vergleich mit russischen Codes sowie einige Betriebszustände in RBMK-Anlagen nachgerechnet. Für die Kopplung von ATHLET mit Kernmodellen, die Verknüpfung thermohydraulischer und neutronenkinetischer Programme, wurden erste Validierungsschritte realisiert.

Zur Wirksamkeit des Druckabbaus über Naßkondensation im Sicherheits-einschluß der WWER-440/W-213 liegen bisher nur Ergebnisse aus kleineren Versuchsanlagen in Rußland, der Ukraine und Tschechien vor. Die prinzipielle Eignung von DRASYS und RALOC für Analysen zu den WWER-440/W-213 wurde mit Nachrechnungen von Versuchsergebnissen aus diesen Anlagen bestätigt. Zur Zeit werden vorbereitende Rechnungen für eine größere Versuchsanlage vorgenommen. Die GRS ist in einer internationalen Arbeitsgruppe an der Festlegung von Anforderungen und der Ausarbeitung eines Versuchsprogramms für diese Anlage beteiligt.

Ingesamt wurden mit der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit die Voraussetzungen dafür ge-

schaffen, daß die GRS-Programme ATHLET, QUABOX/CUBBOX, DRASYS und RALOC heute von den osteuropäischen Fachleuten selbständig zur Durchführung von Störfallanalysen für WWER- und RBMK-Reaktoren genutzt werden.

Obwohl die Modellerweiterungen vorgenommen wurden, um die Programme für Störfallanalysen zu russischen Reaktoren einsetzen zu können, sind einzelne Programmergänzungen auch für Analysen zu westlichen Reaktoren von Bedeutung. So wurden u. a. in ATHLET ein verbessertes Modell zur Übertragung von Strahlungswärme aufgenommen und Modelle zum Verhalten nicht kondensierbarer Gase verifiziert. Generell entspricht der für die Anwendung auf WWER- und RBMK-Reaktoren erreichte Verifikationsstand der GRS-Programme dem vergleichbarer anderer westlicher Rechenprogramme. Es ist jedoch sinnvoll, die erfolgten Programmentwicklungen mit Daten aus zukünftigen Versuchsprogrammen weiter abzusichern.

Im Rahmen des BMBF-Programms erfolgten gemeinsame Untersuchungen zu Phänomenen beim **Kernschmelzen**. Für WWER-Reaktoren wurden auslegungsüberschreitende Ereignisabläufe, die zu einer Überhitzung und schließlich zu einem Schmelzen des Kernbrennstoffs führen können, untersucht. Im Forschungszentrum Karlsruhe sind gemeinsam mit dem Kurtschatow-Institut in der Versuchsanlage CORA WWER-spezifische Experimente zum Verhalten hoch überhitzter Brennstäbe und in der Versuchsanlage BETA Experimente zur Schmelze-Beton-Wechselwirkung durchgeführt worden.

Des weiteren ist das internationale, von der OECD finanzierte Projekt RASPLAV zu nennen. Gemeinsam mit westlichen Institutionen wird vom Kurtschatow-Institut ein experimentelles Forschungsprogramm zur ersten Phase eines Kernschmelzunfalls realisiert. Untersucht werden Prozesse und Phänomene, die beim Schmelzen des Brennstoffs im Reaktordruckbehälter auftreten. Die Ergebnisse der Versuche werden dazu genutzt, Rechenprogramme zur Analyse von Kernschmelzunfällen, z. B. ATHLET-CD, zu verifizieren und weiterzuentwickeln.

Heute ermöglichen **Analysesimulatoren** die Simulation einer großen Anzahl von Transienten und Störfällen. Eine wesentlich verbesserte Mensch-Maschine-Schnittstelle erlaubt die komplexe Visualisierung der



**CORA -Versuchsanlage
in Karlsruhe**

Ergebnisse bereits während der Rechnung und eine interaktive Steuerung der Simulation. Gegenwärtig wird ein Analysesimulator für WWER-1000/W-320 unter Nutzung von ATHLET, dem Simulatorpaket ATLAS und russischen Programmen entwickelt.

Zur **Integritätsbewertung** von Komponenten und Strukturen wurden Methoden zur Bewertung des globalen Strukturverhaltens und insbesondere Rechenprogramme für bruchmechanische Analysen miteinander verglichen. Osteuropäische Experten wurden an internationalen Benchmark-Analysen zu Thermoschock-Großversuchen beteiligt. Wie bisher werden auch zukünftig aktuelle Erfahrungen und Ergebnisse bei der Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Integritätsbewertung in Workshops ausgetauscht.

Ein weiteres Gebiet des Methoden-austausches war die **probabilistische Sicherheitsanalyse** (PSA). Gemeinsam mit dem Kurtschatow-Institut, AEP Moskau, OKB Hidroress und dem KKW Saporoschje wurden Methoden einer PSA für WWER-1000 entwickelt. Dabei wurden beispielhaft zu ausgewählten störfallauslösenden Ereignissen probabilistische Analysen durchgeführt. Die GRS hat dabei ihre Erfahrungen aus probabilistischen Analysen, so zum Beispiel aus der Deutschen Risikostudie (Phase B), vermittelt. Der Erfahrungsaustausch wird fortgesetzt. In Zusammenarbeit mit osteuropäischen Kernkraftwerken werden strukturierte Anlagebeschreibungen zu sicherheitsrelevanten Systemen erstellt. Vorliegende PSAs für WWER-1000 wurden gemeinsam mit russischen Institutionen diskutiert. Dabei wurden Vorschläge zur Verbesserung der probabilistischen Analysen ausgearbeitet.

Die Sicherheitsbehörden verschiedener Länder, z. B. Rußlands, verlangen für Rechenprogramme eine spezielle **Attestierung**. Diese Zulassungsprozedur ist Voraussetzung für die Nutzung der Rechenprogramme im Genehmigungsverfahren. Deshalb werden zukünftig die osteuropäischen Partner bei der Attestierung der Programme unterstützt.

8.2 Untersuchungen zu einzelnen Sicherheitsaspekten

Entsprechend der westlichen Sicherheitspraxis wurden gemeinsam verschiedene Sicherheitsaspekte untersucht, um die anlagentechnische Sicherheit der WWER- und RBMK-Reaktoren bewerten zu können.

8.2.1 Werkstoffuntersuchungen für WWER

Die Integrität des Reaktorkühlkreislaufs ist eine grundlegende Voraussetzung für den sicheren Reaktorbetrieb. Umfassende Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei der Fertigung und bei der Errichtung der Anlagen sind zu dokumentieren. Des Weiteren ist nachzuweisen, daß die Integrität des Reaktorkühlkreises bei allen möglichen Belastungen aus Betrieb und Störfällen mit ausreichenden Sicherheitsreserven gewährleistet ist. Schließlich ist der Qualitätszustand der Komponenten und Rohrleitungen während der gesamten Laufzeit einer Anlage mit wiederkehrenden Prüfungen (WKP) zu überwachen.

Zu allen drei Baulinien der WWER sind von der GRS Untersuchungen zur Beurteilung der druckführenden Komponenten und Rohrleitungen und zu damit zusammenhängenden Werkstofffragen vorgenommen worden. Hauptsächlich sind dies Untersuchungen zur

- **Integrität des Reaktordruckbehälters** unter Berücksichtigung der Strahlenversprödung

Es wurden Spannungsanalysen zur Ermittlung von Sicherheitsmargen durchgeführt. Der Einfluß von Thermoschockbelastungen wurde untersucht. Es zeigte sich, daß zum Nachweis der Bruchsicherheit Finite-Elemente-Rechnungen zu wesentlich genaueren Ergebnissen führen, als die mit vereinfachten Methoden vorgenommenen Auslegungsrechnungen. Deshalb muß die Integrität des Reaktordruckbehälters bei Abkühlungstransienten mit verbesserten Methoden nachgewiesen werden.

- **Integrität der Dampferzeuger** unter Berücksichtigung verschiedener Korrosionsschäden

Korrosionsschäden und Schäden an den kalten Kollektoren der Dampferzeuger WWER-1000 wurden analysiert. Letztere zeigten, daß das Verfahren des Einsprengens der Heizrohre in die Kollektoren eine der Ursachen der beobachteten Schäden ist. Der Einfluß dieser und anderer Schadensursachen, wie Wasserchemie und Zu- und Abflüsse, muß weiter untersucht werden.

- **Bruchsicherheit für Rohrleitungen** unter Berücksichtigung der Betriebserfahrung

Es wurde die Betriebserfahrung über druckführende Komponenten und Rohrleitungen in Lebenslauf-

akten zusammengestellt und ausgewertet. Des weiteren wurden Untersuchungen zur Anwendbarkeit des Bruchausschlußkonzeptes (Leck vor Bruch) für druckführende Rohrleitungen vorgenommen.

Verschiedene Arbeiten erfolgten gemeinsam mit den wissenschaftlich-technischen Zentren der Sicherheitsbehörden in Rußland und in der Ukraine. Dabei wurde deutlich, daß Analysen zu Prüfzwecken auch heute noch nicht von diesen Zentren für die Behördenunterstützung genutzt werden. Bei den Werkstoffuntersuchungen besteht eine enge Zusammenarbeit mit dem Kurtschatow-Institut und ein intensiver fachlicher Austausch mit Atomenergoprojekt Moskau (AEP), OKB Gidropress und dem russischen Hersteller.

Die grundlegenden Arbeiten sind hauptsächlich bilateral von BMU und BMBF gefördert worden. In allen TSO-Projekten zur Unterstützung der Sicherheitsbehörden bei der Beurteilung von WWER-Anlagen hat die GRS die Bewertung der druckführenden Komponenten übernommen. Besonders zu nennen sind die Beratung und Unterstützung der Behörden in Bulgarien und in Armenien. Vor allem in Bulgarien hat die GRS entscheidend dazu beigetragen, daß die Sicherheitsnachweise für die druckführenden Komponenten und die Qualität der wiederkehrenden Prüfungen im KKW Kosloduj erheblich verbessert worden sind.

Das Trageverhalten und die Dichtheit des Sicherheitseinschlusses (Confinement oder Containment) sowie die Stabilität der Druckabbaukonstruktionen sind wichtige Sicherheitsaspekte, die zu bewerten sind. Gegenwärtig wird das **Strukturverhalten des**



Containment-Spannkabel, KKW Saporoshje, Ukraine

Spannbetoncontainments von Anlagen WWER-1000/W-320 von ukrainischen Fachinstitutionen in Zusammenarbeit mit der GRS genauer untersucht. Ergebnisse von Wiederholungsprüfungen in verschiedenen ukrainischen Anlagen (z. B. KKW Saporoshje, Block 4) ergaben Hinweise auf eine Minderung in den Vorspannkraften der Containment-Spannkabel. Es werden daher detaillierte Spannungsanalysen vorgenommen, um die sicherheitstechnische Relevanz der aufgetretenen Spannkraftverluste zu bewerten. Hieran ist auch das Institut für Massivbau der Universität Karlsruhe beteiligt. Die bisher aus den Vergleichsrechnungen vorliegenden Ergebnisse lassen jedoch noch keine abschließende Bewertung zu.

8.2.2 Störfallanalysen für WWER

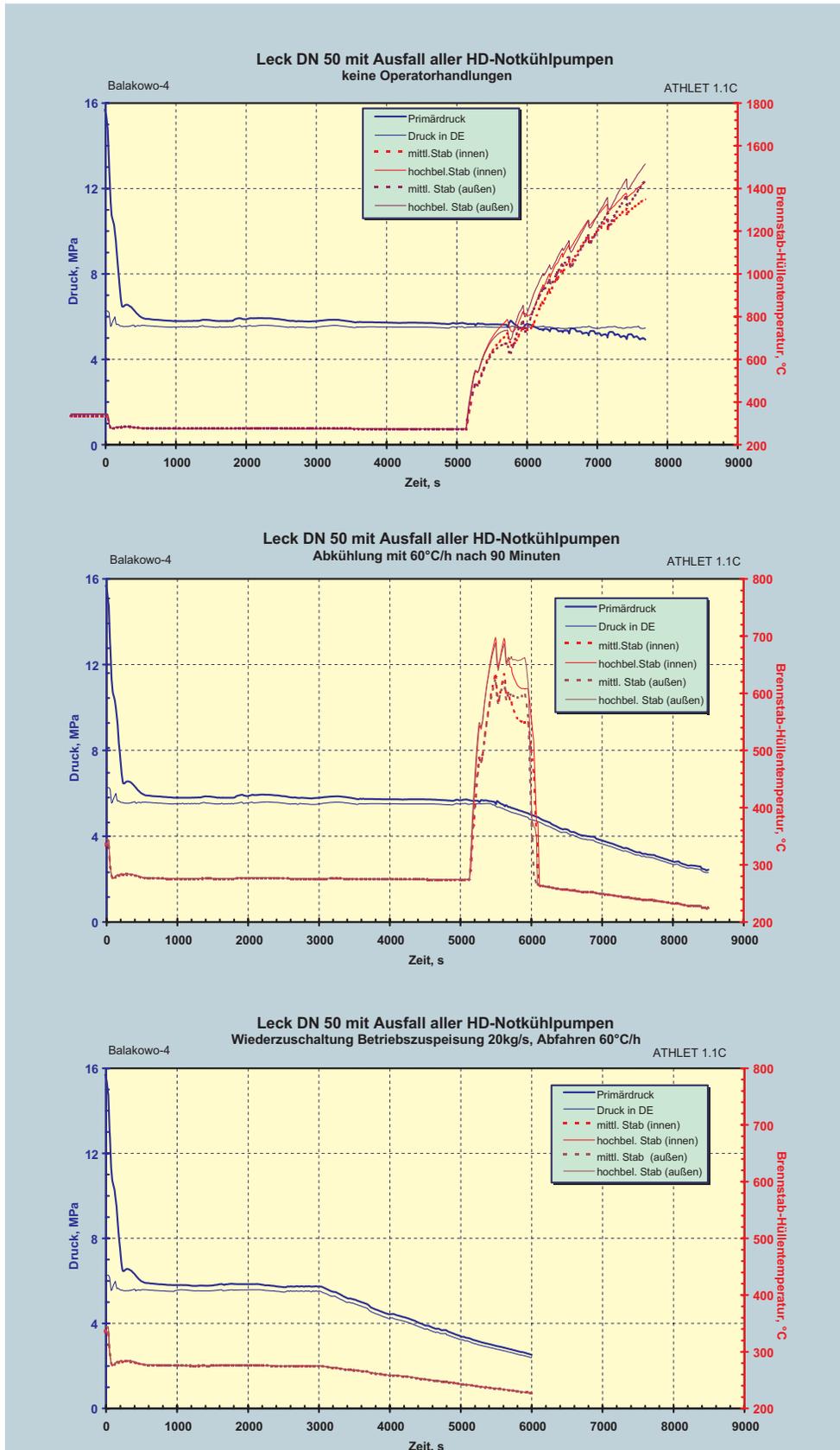
Bereits seit Mitte der achtziger Jahre ist die GRS mit Störfallanalysen für WWER-Druckwasserreaktoren befaßt. Erste Untersuchungen betrafen

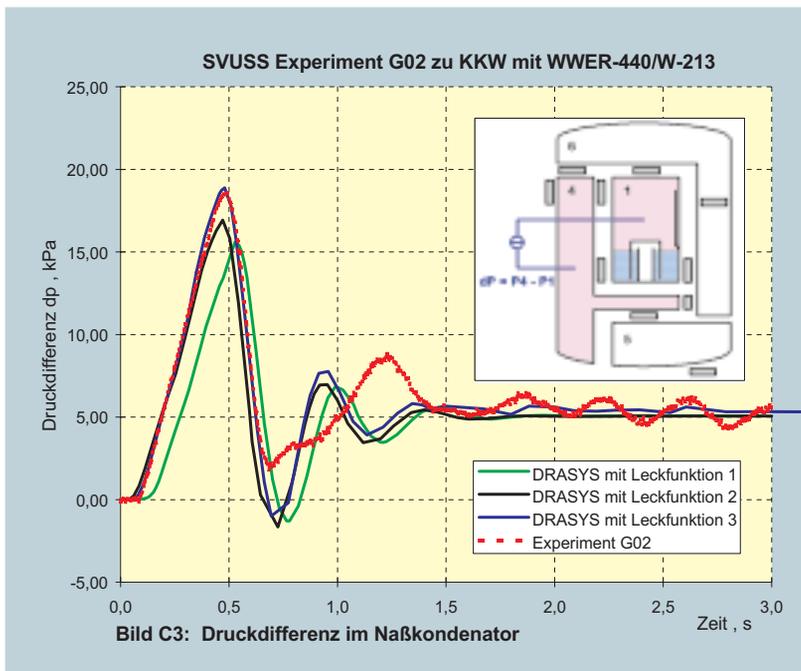
finnische Konzeptstudien zu WWER-Anlagen. Heute werden die Rechenprogramme ATHLET, DRASYS und RALOC von der GRS und osteuropäischen Partnern für Sicherheitsanalysen zu WWER-Anlagen eingesetzt.

Die ATHLET-Rechnungen werden genutzt zur

- Bewertung der in den Sicherheitsdokumentationen vorhandenen Störfallanalysen
- Beurteilung und Überarbeitung von Störfallprozeduren
- Ermittlung von Mindestanforderungen zur Wirksamkeit der Sicherheitssysteme
- Identifizierung von anlageninternen Notfallmaßnahmen (AM).

Weit fortgeschritten sind diese Arbeiten mit Rußland, die gemeinsam mit dem wissenschaftlich-technischen Zentrum der Behörde, dem Kurtschatow-Institut und VNIIAES vorgenommen werden. Dabei werden mit Unterstützung durch das KKW Balakowo Rechnungen mit ATHLET zu den WWER-1000 durchgeführt. Eine mehrjährige Zusammenarbeit besteht auch mit dem wissenschaftlich-technischen Zentrum der ukrainischen Behörde (KKW Rowno 1, 2, KKW Südukraine 1) und mit ungarischen Institutionen (KKW Paks). Die Rechnungen umfassen sowohl Analysen zu Transienten (z. B. Notstromfall, Ausfall Hauptspeisewasser und ATWS), als auch zu Kühlmittelverluststörfällen mit unterschiedlichen Leckgrößen im Reaktorkühlkreis und in den Dampferzeugern. In den Analysen wurde auch der Einfluß von Personalhandlungen untersucht. Das Bild "Leck DN 50" zeigt beispielhaft Parameterverläufe zu einem kleinen Leck, für die bei





Störfallanalysen zum Sicherheitseinschluß WWER-440/W-213 mit Naßkondensator

Ausfall der Hochdruck-Notkühlein-
speisung durch rechtzeitigen Perso-
naleingriff ein längerfristiger Anstieg
der Brennstab-Hüllrohrtemperaturen
verhindert wird.

Containmentanalysen für WWER-
1000/W-320 (KKW Balakowo und das
KKW Rowno, Block 3) wurden mit
dem Containment-Code RALOC vor-
genommen.

Störfallanalysen zum Sicherheitsei-
nschluß der Anlagen WWER-440/W-
213 mit Naßkondensator wurden für
verschiedene Kernkraftwerke in Ruß-
land, der Ukraine und in der Slowakei
mit dem Programm DRASYS durch-
geführt. Eine engere Zusammenar-
beit besteht gegenwärtig mit dem wis-
senschaftlich-technischen Zentrum
der ukrainischen Behörde und mit der
slowakischen Behörde. Für die KKW
Rowno (Blöcke 1 und 2) und Mochov-
ce wurden anlagenspezifische Daten-
sätze erstellt und gemeinsam mit den
osteuropäischen Partnern Analysen
zum Druckabbau im Sicherheitsei-
nschluß bei verschiedenen Störfällen

vorgenommen. Um die langfristigen
Kondensationsvorgänge im Sicher-
heitseinschluß detailliert zu simulie-
ren, wird zukünftig die Programmver-
sion RALOC MOD4 eingesetzt. In die-
ser Programmversion sind die bishe-
rigen DRASYS-Modelle zur Naßkon-
densation implementiert.

**8.2.3 Sicherheitsunter-
suchungen für RBMK**

Partner der Zusammenarbeit zu aus-
gewählten Störfallanalysen für RBMK-
Reaktoren sind Institutionen in Ruß-
land und Litauen. Als Referenzanla-
ge wurde das KKW Ignalina in Litau-
en ausgewählt. Die Untersuchungen
erfolgten in Zusammenarbeit mit der
litauischen Behörde VATESI und ih-
rer Sachverständigenorganisation
ISAG. Litauische Fachleute wurden
bei der GRS in die Methoden der Ana-
lysen und in die Anwendung der ein-
gesetzten GRS-Rechenprogramme
eingearbeitet.

Bei den Untersuchungen handelt es
sich hauptsächlich um:

- Rechnungen zum Reaktivitätsver-
halten mit QUABOX/CUBBOX
- Analysen zu verschiedenen Kühl-
mittelverluststörfällen und Tran-
sienten mit ATHLET
- Analysen zum Druckabbau im Si-
cherheitseinschluß und zur Er-
mittlung der Belastungen für den
Reaktorbehälter aus Mehrfach-
brüchen von Druckrohren mit
DRASYS
- Untersuchungen zur Wasserstoff-
problematik und zum Spaltprodukt-
verhalten im Sicherheitseinschluß

nach einem Kühlmittelverluststörfall mit RALOC/FIPLOC.

Diese Untersuchungen bildeten eine wichtige Voraussetzung und sind Ergänzung zur Sicherheitsbewertung des KKW Ignalina.

8.3 Sicherheitstechnische Bewertungen und Ertüchtigungen

Die Sicherheitsbeurteilungen für die KKW Greifswald und Stendal sind die ersten umfassenden Untersuchungen der GRS für Kernkraftwerke sowjetischer Bauart. Damit lagen zu Beginn der neunziger Jahre Sicherheitsbeurteilungen für alle drei Baulinien der WWER-Reaktoren vor. Die Studien bilden auch heute noch eine wichtige Grundlage für die Beurteilung und sicherheitstechnische Ertüchtigung von WWER-Anlagen.

Inzwischen gibt es eine ganze Reihe von deterministischen und probabilistischen Untersuchungen sowohl für WWER- als auch RBMK-Anlagen. Die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA) hat mit Beteiligung der GRS im Rahmen des Extrabudgetary Programme die Ergebnisse dieser Untersuchungen zusammengefaßt, die Sicherheitsdefizite zu den drei Baulinien der WWER und zu den RBMK aufgelistet und nach ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung gewichtet. Diese Dokumente sind heute bekannt als "IAEA-Safety Issue Books". Über die generischen Bewertungen hinaus sind jedoch im allgemeinen genauere anlagenspezifische Beurteilungen notwendig, um Sicherheitsverbesserungen und Nachrüstmaßnahmen

auszuarbeiten und in den Anlagen umzusetzen.

Von GRS und IPSN sowie weiteren Technischen Sicherheitsorganisationen (TSOs) sind in den folgenden Jahren für eine Reihe von Anlagen Sicherheitsbeurteilungen vorgenommen und Stellungnahmen zu industrieseitigen Nachrüstprogrammen ausgearbeitet worden. Arbeiten und Ergebnisse der Beurteilungen und der Stand bereits erfolgter Sicherheitsverbesserungen für die einzelnen Reaktortypen bzw. -baulinien werden im weiteren dargestellt.

8.3.1 Anlagen WWER-440

WWER-440/W-230

Umfassende Sicherheitsbeurteilungen zu Anlagen W-230 liegen bislang lediglich für das KKW Bohunice, Blöcke 1 und 2, in der Slowakei und für das KKW Kosloduj, Blöcke 1 - 4, in Bulgarien vor. In diesen Anlagen ist der

**KKW Bohunice,
Slowakei**





**KKW Kola,
Rußland**

Stand erfolgter Sicherheitsverbesserungen am weitesten vorangekommen.

In Bohunice wurde zunächst ein 81 Punkte-Programm von Maßnahmen als Voraussetzung für einen bis 1995 befristeten Weiterbetrieb der Blöcke realisiert. Voraussetzung für eine über 1995 hinausgehende Betriebsgenehmigung war die Vorlage eines weitergehenden Nachrüstprogramms, das in mehreren Stufen bis zum Jahr 2000 verwirklicht wird. Bisher erfolgten Verbesserungen zur Dichtigkeit des Confinements, zur Notstromversorgung, zum Brandschutz, zu den Notkühl- und Notspeisewassersystemen.

In Kosloduj begannen die Arbeiten bereits 1991. Inzwischen wurden in allen vier Blöcken erhebliche Sicher-

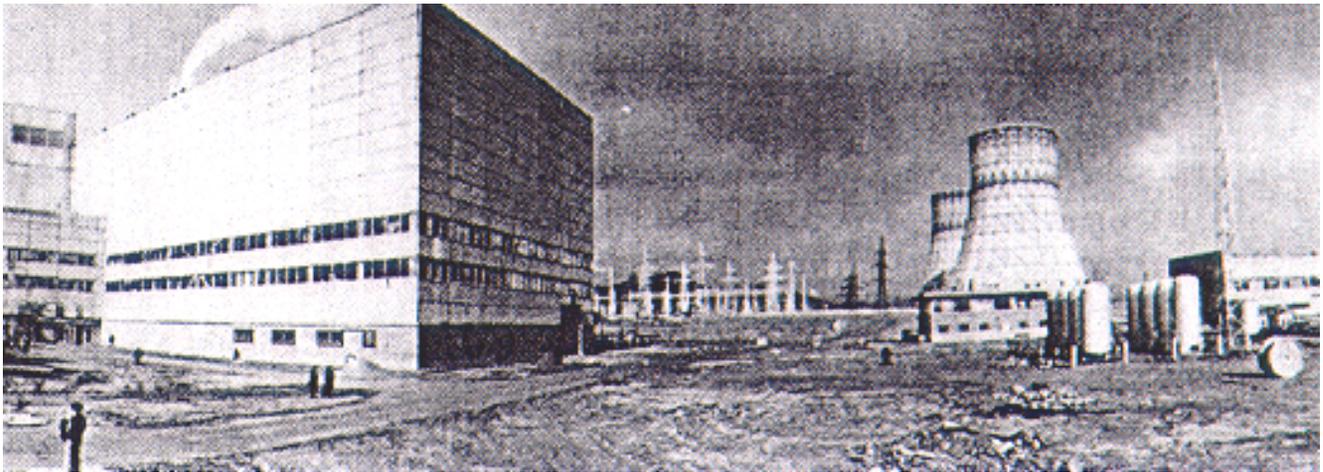
heitsverbesserungen erreicht. Dabei wurden in den jüngeren Blöcken 3 und 4, die im Vergleich zu den Blöcken 1 und 2 eine bessere sicherheitstechnische Auslegung aufweisen, technische Nachrüstungen aus Mitteln des Nuklearen Sicherheitsfonds (NSA) finanziert. Unter anderem wurde ein autarkes Notspeisewassersystem installiert, verbessert wurden Confinementabdichtung, Brandschutz und Notstromversorgung.

An den Arbeiten zur Sicherheitsbeurteilung und -ertüchtigung des KKW Kosloduj, Blöcke 1 - 4, sind GRS und IPSN von Anfang an maßgeblich beteiligt. Gemeinsam mit anderen Technischen Sicherheitsorganisationen unterstützen sie die bulgarische Behörde bei der Bewertung und Umsetzung der vom Betreiber vorgesehenen Ertüchtigungsmaßnahmen. Dabei konnten in vielen technischen Punkten Empfehlungen für Sicherheitsverbesserungen, die über die betreiberseitigen Vorschläge hinausgehen, in den Anlagen verwirklicht werden, z.B. AM-Maßnahmen für primärseitiges Bleed and Feed, zusätzliche RESA-Signale sowie verbesserte Auslegung gegen Bruch des Notkühlsammlers.

Im Herbst 1995 hatten GRS und IPSN wegen eines unzureichenden Sicherheitsnachweises für den Reaktor-druckbehälter empfohlen, Block 1 des Kraftwerks nach Abschluß einer Revision nicht wieder anzufahren. Trotz dieser Bedenken wurde der Block wieder in Betrieb genommen. Inzwischen sind die von GRS und IPSN zum Sicherheitsnachweis gestellten Forderungen zur Untersuchung von Werkstoffproben aus dem Druckbehälter von Block 1 von bulgarischer Seite voll erfüllt worden.



**KKW Kosloduj,
Bulgarien**



Die in Bulgarien erreichten Erfolge betreffen nicht nur die technischen Modernisierungen in den Anlagen, sie zeigen sich auch in einer erheblich verbesserten Sicherheitskultur. Mit den Arbeiten ist eine intensive und vertrauensvolle Zusammenarbeit mit den bulgarischen Partnern aufgebaut worden.

In Armenien wurde vor erneuter Inbetriebnahme von Medsamor 2 eine Reihe sicherheitserhöhender Maßnahmen realisiert, z. B. die Verbesserung des Brandschutzes, Maßnahmen zur seismischen Ertüchtigung und die Installation eines zusätzlichen Notstromdiesels. Die armenische Sicherheitsbehörde (ANRA) wurde erst 1993 gegründet. Sie verfügt praktisch über keine Erfahrungen und ist mit den von ihr wahrzunehmenden Aufgaben vielfach überfordert. Seit 1996 sind GRS und IPSN gemeinsam mit anderen westlichen TSOs vor Ort tätig, um die Behörde in ihren Aufgaben technisch zu beraten und zu unterstützen.

In fast allen Anlagen W-230 wurden Maßnahmen vorgenommen, mit denen gravierende Sicherheitsmängel behoben werden konnten. Der Umfang umgesetzter Nachrüstmaßnah-

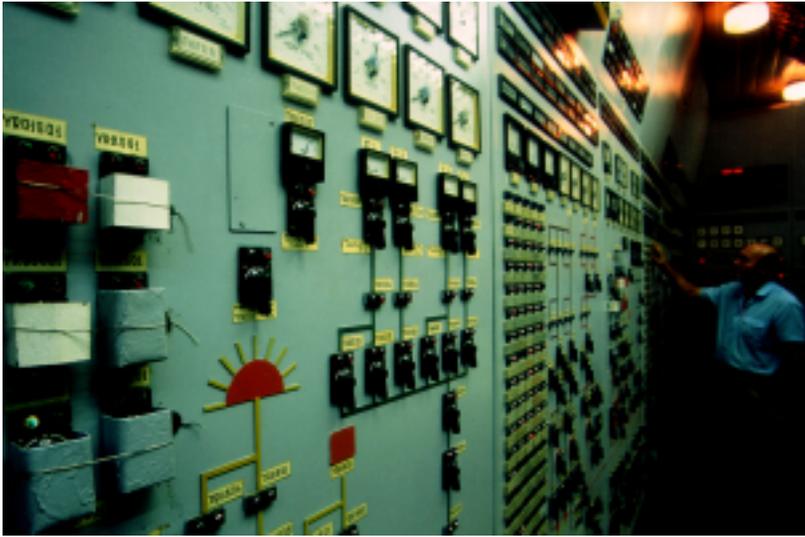
men und der erreichte Sicherheitsstatus sind allerdings von Anlage zu Anlage unterschiedlich.

WWER-440/W-213

Zu den meisten Anlagen W-213 liegen umfangreiche Sicherheitsuntersuchungen vor. So wurden für mehrere Anlagen, z. B. die Blöcke 1 und 2 des KKW Dukovany in Tschechien und die Blöcke 3 und 4 des KKW Bohunice in der Slowakei, nach 10 Betriebsjahren vollständige Sicherheitsüberprüfungen vorgenommen.

In Anlehnung an die Sicherheitsuntersuchungen der GRS für das KKW Greifswald (Block 5) haben ungarische Institutionen eine eigenständige Sicherheitsbeurteilung für das KKW Paks (AGNES-Projekt) vorgenommen. Aus dieser Beurteilung abgeleitete Nachrüstmaßnahmen werden zur Zeit schrittweise in den vier Blöcken des Kraftwerks umgesetzt. Die Verbesserungen betreffen u.a. die geschützte Notspeisewasserversorgung, den Schutz des Gebäudesumpfes zur Langzeitnotkühlung, den Qualifikationsnachweis für Ausrüstungen und die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung.

**KKW Medsamor,
Armenien**



Leittechnik in Rowno 3, Ukraine

Von GRS und IPSN sind Sicherheitsbeurteilungen für das KKW Rowno, Blöcke 1 und 2, in der Ukraine und für das KKW Mochovce in der Slowakei erstellt worden.

In Rowno wurde unter Beteiligung von vier weiteren Technischen Sicherheitsorganisationen 1993 bis 1994 erstmals eine internationale Sicherheitsbeurteilung nach westlichen Bewertungsmaßstäben vorgenommen. Ausgehend von den Ergebnissen dieser Bewertung wurden von der ukrainischen Behörde an den Betreiber Forderungen zur sicherheitstechnischen Ertüchtigung der beiden Blöcke und zu noch erforderlichen Sicherheitsnachweisen gestellt, die zu verwirklichen sind. Nur wenige Maßnahmen, wie Verbesserungen zum Brandschutz und der Austausch von Dampferzeugersicherheitsventilen, wurden bisher realisiert.

Für das KKW Mochovce ist gemeinsam von GRS und IPSN 1994/1995 eine umfassende Stellungnahme zu den für die Fertigstellung der Blöcke 1 und 2 vorgesehenen Sicherheitsverbesserungen erarbeitet worden. Es war vor allem zu prüfen, inwieweit mit den Nachrüstungen und vorgesehe-

nen Maßnahmen zur Betriebssicherheit ein nach internationalen Maßstäben ausreichendes Sicherheitsniveau erreicht wird. Zusätzlich zu den industrieseitig geplanten Maßnahmen wurden von GRS und IPSN weitere Einzelempfehlungen abgegeben. Sie beziehen sich zu einem großen Teil auf noch zu erbringende Sicherheitsnachweise. Ein wichtiger Punkt betraf dabei den Nachweis zur Wirksamkeit und Strukturfestigkeit des Druckabbausystems mit Naßkondensator. Die Empfehlungen von GRS und IPSN sind von der slowakischen Sicherheitsbehörde bestätigt worden und für die Umsetzung geplant.

Die Sicherheitsbehörde wird von GRS und IPSN und anderen TSOs bei der Bewertung der Inbetriebnahme des KKW Mochovce, Block 1, unterstützt.

8.3.2 Anlagen WWER-1000

In den vergangenen Jahren sind von GRS und IPSN, teilweise auch in Zusammenarbeit mit weiteren westlichen TSOs, für eine Reihe von Anlagen WWER-1000/W-320 Sicherheitsbewertungen vorgenommen und Stellungnahmen zu industrieseitigen Nachrüstprogrammen ausgearbeitet worden. Zu nennen sind

- eine Sicherheitsbewertung zum KKW Rowno, Block 3
- eine Stellungnahme zu einem Modernisierungsprogramm für in Betrieb befindliche WWER-1000/W-320 des russischen Betreiberkonzerns Rosenergoatom
- Stellungnahmen zu Nachrüstprogrammen für mehrere in Bau oder in Betrieb befindliche Anlagen WWER-1000/W-320 in der Ukraine, in Rußland und in Bulgarien.

Zur Unterstützung der ukrainischen Sicherheitsbehörde erfolgte in einem Tacis-Projekt westlicher TSOs unter Leitung von IPSN und GRS eine Sicherheitsbewertung für Block 3 des KKW Rowno. Es wurden organisatorische und technische Sicherheitsdefizite identifiziert und Vorschläge für Sicherheitsverbesserungen und Nachrüstungen gemacht. Des Weiteren zeigten die Arbeiten, daß zu einer Reihe von Fragen, z. B. zur Störfallanalyse, ausreichende Sicherheitsnachweise fehlen und zusätzliche Untersuchungen erforderlich sind. Die Ergebnisse der Sicherheitsbewertung wurden von der ukrainischen Behörde akzeptiert und werden für die Festlegungen von Genehmigungsanforderungen für Sicherheitsverbesserungen genutzt. Nur wenige Einzelmaßnahmen, wie Brandschutz und Diagnostik, wurden bisher umgesetzt.

In Rußland ist vom Betreiberkonzern Rosenergoatom (REA) ein generisches Modernisierungsprogramm für in Betrieb befindliche Anlagen WWER-1000/W-320 ausgearbeitet worden. Das Ziel dieses Programms war es, Abweichungen vom derzeit in Rußland geltenden kerntechnischen Regelwerk zu identifizieren und entsprechende Nachrüstmaßnahmen auszuarbeiten, mit denen die Abweichungen behoben werden. Die GRS hat zu diesem Programm in Zusammenarbeit mit Rosenergoatom (REA), Atomenergoprojekt Moskau (AEP) und weiteren russischen Organisationen eine fachliche Stellungnahme erarbeitet. Bei einer Reihe von Nachrüstmaßnahmen werden nur Einzellösungen vorgeschlagen. Es fehlen sicherheitstechnisch umfassende Lösungsansätze, z.B. ein geschlossenes

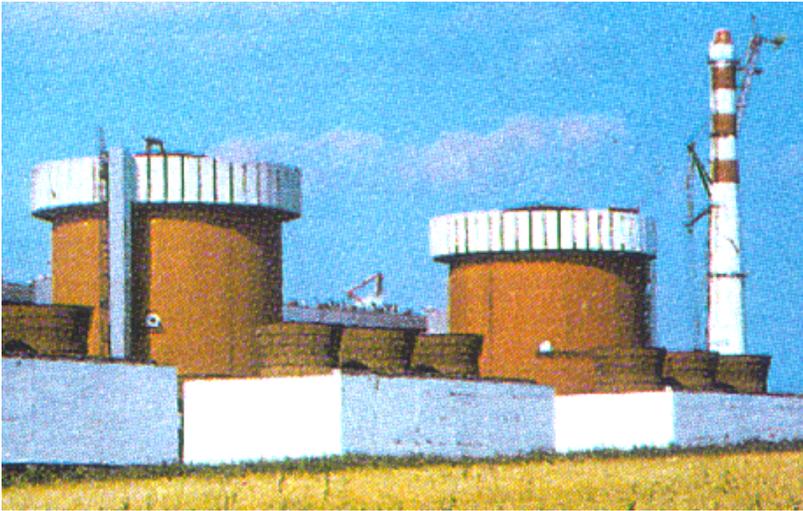


**KKW Kalinin,
Rußland**

nes Brandschutzkonzept anstelle vorgeschlagener Einzelmaßnahmen. Verschiedene Einzelmaßnahmen des Programms wurden bereits in einigen Anlagen realisiert. Weitere Maßnahmen sollen sukzessive in den nächsten Jahren umgesetzt werden.

Gegenwärtig werden für mehrere Anlagen WWER-1000/W-320 Nachrüstungen vorgesehen. Dabei handelt es sich einmal um Anlagen, die nach längerer Bauunterbrechung in nächster Zeit fertiggestellt werden sollen. Es sind dies in Rußland das KKW Kalinin 3 und in der Ukraine die KKW Rowno 4 und Chmel'nizki 2.¹⁾ Des Weiteren sollen auch die bereits in Betrieb befindlichen Blöcke 5 und 6 des KKW Kosloduj in Bulgarien ertüchtigt werden. Für die genannten Anlagen sind von den Betreibern anlagenspezifische Nachrüstprogramme vorgelegt und von GRS, IPSN und weiteren TSOs bewertet worden. Die Bewertungen erfolgten

¹⁾ in Tschechien das KKW Temelin 1-2; für diese Anlage wurde bislang jedoch keine Bewertung der Nachrüstungen vorgenommen.



**KKW Südukraine,
Ukraine**

auf der Grundlage internationaler Sicherheitsanforderungen und westlicher Sicherheitspraxis. Die Betreiber beabsichtigen, verschiedene Maßnahmen erst in einer späteren Stufe der Nachrüstungen vorzunehmen, z. B. für die in Bau befindlichen Anlagen erst nach der Inbetriebnahme. In den Stellungnahmen zu den Nachrüstprogrammen wurde daher auch die Dringlichkeit der Maßnahmen beurteilt.

GRS und IPSN haben in ihren Stellungnahmen eine Reihe von zusätzlichen Empfehlungen abgegeben, die über die ursprünglichen von den Be-

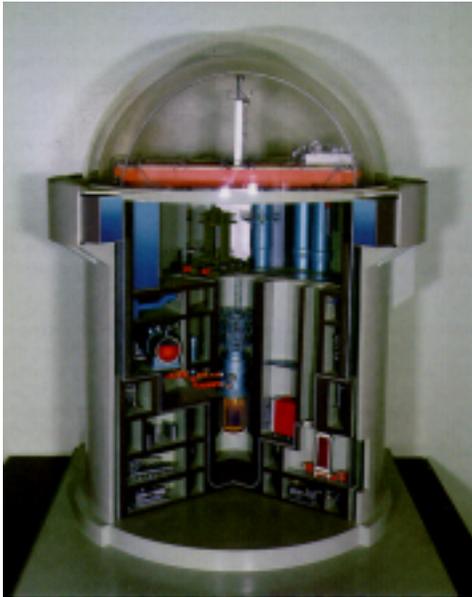
treibern vorgesehenen Maßnahmen hinausgehen, u.a. die Verbesserung der Leckdetektion und die Qualifizierung von Ausrüstungen für Störfallbedingungen. Diese Empfehlungen sind von den Betreibern der Anlagen weitgehend akzeptiert und von den Sicherheitsbehörden bestätigt worden. Dabei sind auch kompensatorische Maßnahmen berücksichtigt worden, mit denen bestehende Auslegungsmängel bis zur Realisierung der Nachrüstprogramme ausgeglichen werden.

8.3.3 Konzept WWER-640/W-407

Das russische Reaktorkonzept WWER-640/W-407 ist eine Weiterentwicklung der WWER-Reaktoren mit neuartigen passiven Einrichtungen des Sicherheitssystems. Von den Vorgängeranlagen WWER-440 und WWER-1000 sind bewährte Konstruktionsprinzipien übernommen worden. Die GRS führte im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (BStMLU) eine orientierende, standortunabhängige, sicherheitstechnische Bewertung des Konzepts WWER-640 durch. Dabei wurden gemeinsame deutsch-französische Sicherheitsanforderungen für zukünftige Druckwasserreaktoren und weitere internationale Erfahrungen zugrunde gelegt. Die Bewertung erfolgte anhand des russischen vorläufigen Sicherheitsberichtes. Die Schwerpunkte lagen auf den Gebieten: Sicherheitseinrichtungen, Analysen von Auslegungsstörfällen und Elektro- und Leittechnik. Teilweise sind auch die Gebiete Kernausslegung und druckführende Komponenten bearbeitet worden. Die bisherigen Untersuchungen



**KKW Chmelnyzki,
Ukraine**



**Schnittmodell des Reaktorgebäudes
WWER-640/W-407**

ergaben, daß mit dem WWER-640 gleiche Ziele zur Erhöhung der Sicherheit verfolgt werden wie mit neuen westlichen Reaktorkonzepten und deren Sicherheitsanforderungen.

Die Zusammenarbeit mit russischen Institutionen auf dem Gebiet neuer Reaktoren ist als Ergänzung zu den Hauptarbeiten zur Verbesserung der Sicherheit bestehender Anlagen sehr wichtig, da während dieser Arbeiten auch die Sicherheitsdefizite der älteren Baulinien eingehend diskutiert werden können.

8.3.4 RBMK-Anlagen

Sicherheitsbewertungen für RBMK-Anlagen sind in zwei größeren, internationalen Projekten vorgenommen worden, es sind dies

- eine RBMK-Sicherheitsstudie mit Bewertungen zu mehreren Anlagen im Auftrag der EU

- eine Sicherheitsbewertung (Safety Review) zum KKW Ignalina (Litauen) im Auftrag der EBWE.

RBMK-Sicherheitsstudie

In den Jahren 1992 - 1996 wurde unter Beteiligung der GRS von einem Konsortium Technischer Sicherheitsorganisationen (TSOs) westlicher Länder eine Sicherheitsüberprüfung von RBMK-Reaktoren durchgeführt. Neben den westlichen TSOs waren mehrere Institutionen aus Rußland, Litauen und der Ukraine an diesen Untersuchungen beteiligt.

Das Projekt wurde in zwei Phasen aufgeteilt. Referenzanlagen zur Phase 1 der Untersuchungen waren die KKW Smolensk 3 in Rußland und Ignalina 2 in Litauen (Anlagen der dritten Generation) und zur Phase 2 die KKW Leningrad 2 und Kursk 4 in Rußland (Anlagen der ersten und zweiten Generation).

In Phase 1 wurde – hauptsächlich mit Bezug auf Smolensk 3 – eine Prüfung

**KKW Leningrad,
Rußland**





**Blockwarte,
KKW Ignalina, Litauen**

aller wesentlichen Aspekte der Auslegung und des Betriebs vorgenommen. Es wurden Sicherheitsdefizite identifiziert, sowie Vorschläge für Nachrüstmaßnahmen und Verbesserungen in der Betriebsführung erarbeitet.

In Phase 2 des Projektes wurde überprüft, inwieweit die in Phase 1 zu den jüngeren RBMK-Anlagen ausgearbeiteten Empfehlungen für Sicherheitsverbesserungen auf die älteren Reaktoren der ersten und zweiten Generation übertragen werden können. Dabei war es notwendig, den Sicherheitszustand der älteren Anlagen gesondert zu beurteilen und in den Anlagen bereits vorgenommene und geplante Nachrüstungen zu bewerten.

**Tabelle 8-2
Realisierte
Ertüchtigungs-
maßnahmen in RBMK**

<p>Maßnahmen zur Reduzierung des positiven Dampfblaseneffektes</p> <ul style="list-style-type: none"> • zusätzliche Absorberstäbe • Erhöhung der Brennstoffanreicherung • Erhöhung der betrieblichen Reaktivitätsreserve
<p>Maßnahmen zur Verbesserung des Abschaltverhaltens</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schnellabschaltsystem • Modifizierung der Steuerstabauslegung • Beschleunigung des Abschaltvorgangs • Erhöhung der Anzahl von Steuerstäben
<p>Verbesserungen in der Betriebsführung</p>
<p>Erhöhung der Dampfabwurfkapazität aus dem Reaktorbereich</p>

Es wurde eine große Anzahl von Empfehlungen zur Verbesserung der Sicherheit ausgearbeitet. Selbst bei der modernsten, erst 1990 in Betrieb genommenen Anlage Smolensk 3 wurden größere Sicherheitsdefizite festgestellt. Besonders gravierende Sicherheitsdefizite bestehen in den RBMK der ersten Generation.

Die Empfehlungen der Studie sind vom Hauptkonstrukteur NIKIET weitgehend akzeptiert worden. Für RBMK-Anlagen sind weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit erforderlich. Leningrad 2 ist ein gutes Beispiel dafür, wie die Sicherheit einer Altanlage wirksam verbessert werden kann. Über die bisherigen Untersuchungen hinaus sind anlagenspezifische Sicherheitsbewertungen erforderlich, um das jeweilige Sicherheitsniveau und die Wirksamkeit der Nachrüstungen richtig einschätzen zu können. Tabelle 8-2 gibt einen Überblick über bereits erfolgte Nachrüstungen.

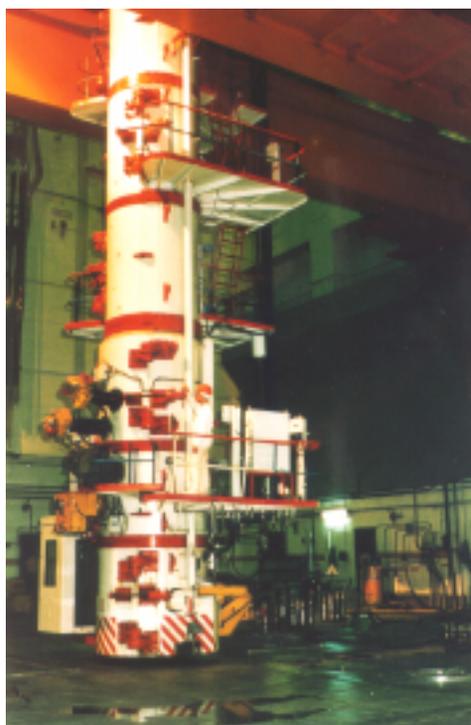
Sicherheitsbewertung des KKW Ignalina

Für das KKW Ignalina wurde im Auftrag der EBWE erstmals für eine RBMK-Anlage ein Sicherheitsbericht nach westlichem Muster erstellt und bewertet. Der Sicherheitsbericht (SAR) wurde von westlichen Ingenieurorganisationen und NIKIET erarbeitet. Die Überprüfung des Sicherheitsberichtes (RSR) wurde von technischen Sicherheitsorganisationen aus Ost und West vorgenommen.

Die SAR-Experten kommen zu dem Schluß, daß die Anlage kurzfristig weiterbetrieben werden kann, wenn die von ihnen vorgeschlagenen Maßnahmen umgesetzt werden. Nach Auffassung der RSR-Gutachter kann

der gegenwärtige Sicherheitszustand der Anlage jedoch nicht toleriert werden, da zum Teil Nachweise für wichtige Sicherheitsfunktionen fehlen und technische Sofortmaßnahmen erforderlich sind. Die wichtigsten Punkte betreffen die Reaktorabschaltung und die Integrität des Reaktorkühlsystems. In beiden Fällen handelt es sich um Sicherheitsfragen, für die ein zuverlässiger Schutz gegen Störfälle mit gravierenden Folgen bisher nicht nachgewiesen ist. Die RSR-Gutachter sind deshalb der Ansicht, daß die Anlage abzuschalten ist, bis zu diesen Punkten ausreichende Sicherheitsnachweise vorliegen. Die empfohlenen technischen Maßnahmen allein reichen jedoch nicht aus, wenn nicht auch die Sicherheitskultur in der Anlage verbessert wird. Neben den Änderungen in der Sicherheitstechnik und in den Betriebsvorschriften muß auch eine Verbesserung in der Betriebsführung des Kraftwerks erfolgen.

Von der litauischen Regierung und der EBWE wurde ein „Ignalina Safety Panel“ eingesetzt, ein Gremium unabhängiger Experten, das die Arbeiten zum SAR und RSR begleitet hat. Es unterstützt im allgemeinen die Empfehlungen des RSR. Das Panel empfahl, daß keiner der beiden Blöcke nach der bevorstehenden Revisionsperiode wieder in Betrieb genommen werden soll, wenn nicht die wichtigsten Sicherheitsprobleme gelöst sind und bei längerfristigen Aufgaben nicht mit der Realisierung begonnen worden ist. Das Panel vertrat die Auffassung, daß das Kraftwerk und die Sicherheitsbehörde ihre Verantwortlichkeiten für die Behebung der festgestellten Sicherheitsdefizite und für die Sicherheitskultur bisher nicht voll wahrgenommen haben. Sollten diese Verantwortlichkeiten nicht



*Brennelementwechsellmaschine,
KKW Ignalina, Litauen*

energisch umgesetzt werden, ist eine unverzügliche Abschaltung der Anlage erforderlich.

Die geforderten Sicherheitsverbesserungen und Empfehlungen sind von der litauischen Regierung, der Sicherheitsbehörde und dem Kraftwerk akzeptiert worden. Sie werden in der Anlage umgesetzt.

8.4 Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebssicherheit

Ebenso wichtig wie Sicherheitstudien und technische Nachrüstungen sind Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebssicherheit. Hier können mit vergleichsweise geringem finanziellen Aufwand hohe Sicherheitsverbesserungen erzielt werden.

Auch in neueren Anlagen können nicht alle technischen Nachrüstungen sofort verwirklicht werden, weil hierfür die notwendigen finanziellen Mittel fehlen. Daher sind in vielen Fällen zunächst kompensatorische Maßnahmen notwendig, mit denen bestehende Auslegungsmängel vorübergehend ausgeglichen werden. Beispiele für solche Maßnahmen sind verstärkte Inspektionen, besondere Kontrollen wichtiger Komponenten und die laufende Überwachung sicherheitsrelevanter Meßgrößen. Es sind dies hauptsächlich vorbeugende Maßnahmen, mit denen Störungursachen rechtzeitig erkannt und Störfälle verhindert werden.

Maßnahmen zur Erhöhung der Betriebssicherheit sind ein Schwerpunkt im BMU-Programm zur Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit in Osteuropa. Von der GRS und anderen Institutionen wurden daher für in Betrieb befindliche WWER-Anlagen eine Reihe von Arbeiten vorgenommen, mit denen vor allem die Organisation, die Überwachung des Betriebs, die Anlagen- und Betriebsdokumentation sowie die Auswertung

von Betriebserfahrungen in den Anlagen verbessert worden sind. Auch diese Arbeiten erfolgten weitgehend für die WWER-1000-Referenzanlagen in KKW Balakowo und KKW Rowno.

8.4.1 Organisation und Überwachung des Betriebs

Die im BMU-Investitionsprogramm vorgesehenen Lieferungen technischer Ausrüstungen wurden mit einer Reihe von Vorhaben zum Kernkraftwerksbetrieb begleitet. Die Vorhaben wurden im Rahmen einer Projektträgerschaft von der GRS koordiniert.

Die Aufgabenstellungen der Vorhaben wurden mit den zuständigen Behörden in Rußland und in der Ukraine sowie mit den Betreibern abgesprochen. Im einzelnen handelte es sich um

- **Untersuchungen zur Organisation des Kraftwerksbetriebs**

In den KKW Balakowo und Rowno wurden Untersuchungen zur personellen Betriebsorganisation, zum Betrieb der Anlagen sowie zu Instandhaltung und Wartung vorgenommen.

- **Arbeiten zum Konzept für Wiederkehrende Prüfungen**

Es wurden deutsche und russische Anforderungen für Ultraschallprüfungen an Komponenten und Rohrleitungen des Primärkreises verglichen und Grundlagen für ein Konzept der Wiederkehrenden Prüfungen in WWER-Anlagen erarbeitet.

- **Spezielle Untersuchungen im KKW Balakowo**

Es wurden Anforderungen zum Einsatz von Überwachungs- und

Reaktorsaal,
KKW Rowno, Ukraine



Diagnosesystemen, z. B. für die Schwingungs-, Schall- (lose Teile, Leckage) und Elektroarmaturenüberwachung, ausgearbeitet und Vorschläge zur Installation und zum Betrieb dieser Systeme gemacht.

- **Spezielle Untersuchungen im KKW Rowno**

Für das KKW Rowno wurde ein Brandschutzkonzept ausgearbeitet. Im einzelnen behandelt wurden dabei der bauliche und der anlagentechnische Brandschutz und Brandschutzsysteme.

Des Weiteren wurden im KKW vorhandene Überwachungssysteme überprüft und Nachrüstungsanschläge erarbeitet.

- **Spezifikationen für ein betriebliches Fernüberwachungssystem**

Es wurde die Lieferung technischer Ausrüstungen für ein betriebliches Fernüberwachungssystem des KKW Saporoshje vorbereitet. Dazu sind die technischen Spezifikationen für die zu erfassenden Zustands- bzw. Meßgrößen ausgearbeitet worden. Mit dem System soll die Sicherheitsbehörde über den Sicherheitszustand der Anlage und frühzeitig über mögliche Gefahrensituationen informiert werden.

8.4.2 Anlagen- und Betriebsdokumentation

In Zusammenarbeit mit den KKW Rowno und Balakowo wurden Arbeiten zur Verbesserung der Anlagen- und Betriebsdokumentation vorgenommen. Sie wurden 1992 bzw. 1995 begonnen. Mit diesen Projekten sollen Anstöße für entsprechende Arbeit



*Turbinenhalle,
KKW Balakowo, Rußland*

ten auch in anderen Anlagen gegeben werden.

Zwischen Betreiber, Behörde, GRS und KAB wurden die Konzepte abgestimmt und Musterdokumente für zentrale Bestandteile der Anlagen- und Betriebsdokumentation (Inventarverzeichnisse, Systemschaltpläne, Systembeschreibungen, ausgewählte Betriebs- und Störfallprozeduren) erarbeitet. Für diese Arbeiten wurde in den Anlagen eine rechnergestützte Dokumentations- und Kommunikationstechnik installiert und das Personal geschult. Dazu erfolgten auch Besuche in deutschen Kernkraftwerken und die Teilnahme am Simulatortraining für Konvoi-Anlagen.

Mit den Musterdokumenten sind wichtige Unterlagen für den ordnungsgemäßen System- und Anlagenbetrieb erstellt worden. Sie sind zugleich Schulungsunterlagen zur Ausbildung des Betriebspersonals.

Die Betriebs- und Störfallvorschriften für Kernkraftwerke sowjetischer Bauart sind weniger detailliert und systematisch als die für westliche Anlagen. Für die Überarbeitung der Betriebsbücher war es daher notwendig,

vorhandene Betriebsvorschriften durch Ausarbeitungen mit eindeutigen Handlungsanweisungen für die verschiedenen Anlagenzustände (normaler und anormaler Betrieb, Störfall- und Notfallsituationen) zu ersetzen.

Zur Ausführung der Betriebs- und Störfallprozeduren haben sich die Betreiber der Anlagen Rowno und Balakowo für ein ereignisorientiertes Vorgehen bei Störfällen (Störfallprozeduren) und ein schutzzielorientiertes Vorgehen in auslegungsüberschreitenden Notfallsituationen (Notfallprozeduren, Accident Management) entschieden. Grundlagen für diese Ausarbeitungen waren Mustervorlagen für Konvoi-Anlagen. Es ist erforderlich, die Störfallprozeduren an einem geeigneten Anlagensimulator zu verifizieren. Das KKW Balakowo hat zugesagt, hierzu seinen Simulator zur Verfügung zu stellen.

Die in Rowno gewonnenen Erfahrungen werden von der ukrainischen Sicherheitsbehörde genutzt, um praxiserichtete Normentwürfe als Teil späterer nationaler Richtlinien zu erstellen. Die intensive und betriebsnahe Zusammenarbeit hat erheblich zur Motivation des Betriebspersonals und

zur Verbesserung der Betriebssicherheit beigetragen.

8.4.3 Auswertungen von Betriebserfahrungen

Für mehrere WWER-1000 in Rußland (KKW Balakowo, Kalinin) und in der Ukraine (KKW Rowno, Saporoshje, Chmelniczki und Südukraine) wurden seit 1987 Vorkommnisse in den Anlagen ausgewertet. Vertiefte Auswertungen erfolgten für das KKW Balakowo zusammen mit dem Wissenschaftlich-Technischen Zentrum der russischen Behörde (SECNRS) und dem Betreiber. Mit den Auswertungen wurden Schwachstellen sowohl im technischen Bereich als auch in der Betriebsführung identifiziert. Ein großer Teil der Vorkommnisse betraf Ausfälle einzelner Komponenten, z. T. auch wiederholte Ausfälle, wie z. B. in den elektrotechnischen Einrichtungen. Ursachen für die Ausfälle waren oft unzureichende Fertigungsqualität oder auch Konstruktionsmängel. Weitere Ausfälle waren auf unzureichende Prüfmethode zur rechtzeitigen Fehlererkennung und das Fehlen genauer Reparatur- und Wartungsvorschriften zurückzuführen.

Die Behörde hat die Beseitigung der identifizierten Schwachstellen zur Auflage vor Erteilung einer endgültigen Betriebsgenehmigung für das KKW Balakowo gemacht. Aus den Empfehlungen abgeleitete Maßnahmen sind vom Betreiber in das mehrjährige Ertüchtigungsprogramm zur Verbesserung der Betriebssicherheit des KKW aufgenommen worden. Ein Teil der empfohlenen Maßnahmen wurde bereits realisiert.

**KKW Saporoshje,
Ukraine**



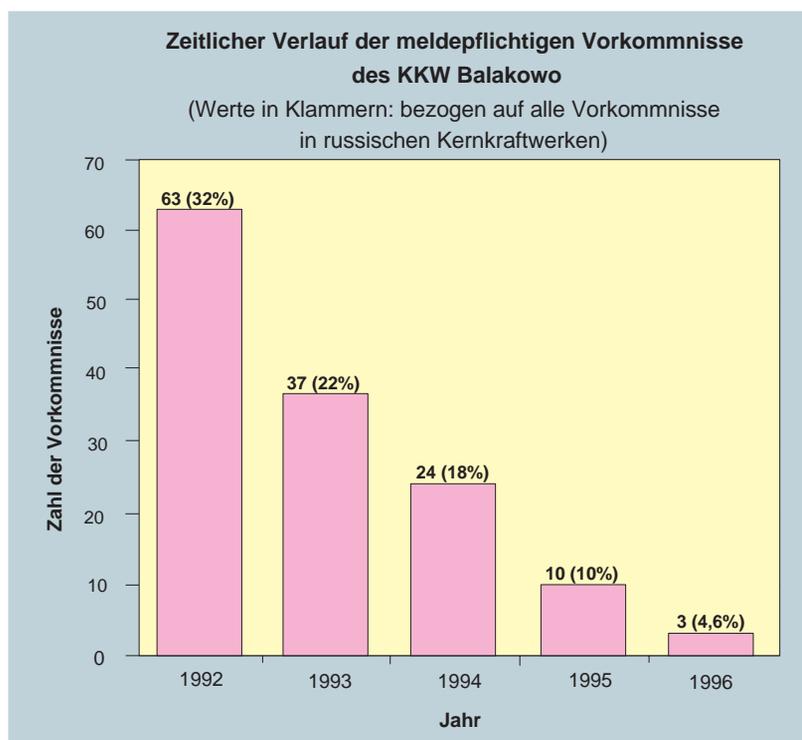
Die Arbeiten waren außerordentlich erfolgreich. So ist nicht zuletzt aufgrund der unternommenen Anstrengungen in den letzten Jahren die Anzahl meldepflichtiger Ereignisse im KKW Balakowo ständig zurückgegangen.

Mit den Arbeiten hatten die beteiligten Organisationen die Möglichkeit, die jeweils im anderen Land verwendeten Methoden zur Auswertung von Betriebserfahrungen kennenzulernen und zu vergleichen. Die GRS konnte das Wissenschaftlich-Technische Zentrum (SECNRS) der Behörde in seinen Arbeiten zur Auswertung meldepflichtiger Vorkommnisse unterstützen und dabei auch die Arbeitsbeziehungen zwischen SECNRS und dem KKW stärken. In der Zusammenarbeit mit dem Betreiber erhielten GRS und SECNRS unmittelbare Informationen zu bestehenden technischen und organisatorischen Mängeln in der Anlage und zu bereits ergriffenen oder vorgesehenen Verbesserungsmaßnahmen.

8.5 Technische Ausrüstungen

Mit den Sicherheitsuntersuchungen für WWER-Anlagen sind Bereiche festgestellt worden, in denen mit gezielt eingesetzten technischen Ausrüstungen kurzfristig Sicherheitsverbesserungen erreicht werden können. Vom BMU wurden daher in einem besonderen Investitionsprogramm für Rußland und für die Ukraine finanzielle Mittel für technische Ausrüstungen bereitgestellt.

Die Investitionen wurden für Anlagen WWER-1000 in Balakowo und in



Rowno ausgewählt. In geringem Umfang wurden auch Mittel zum Aufbau eines betrieblichen Fernüberwachungssystems für die Sicherheitsbehörde im ukrainischen KKW Saporoshje verwendet. Insgesamt wurden im Investitionsprogramm des BMU für beide Länder jeweils 21 Mio. DM zur Verfügung gestellt.

Meldepflichtige Ereignisse im KKW Balakowo, Rußland

Die Investitionen sind in Zusammenarbeit mit den in Rußland und in der Ukraine zuständigen Behörden, Organisationen und beteiligten Kraftwerken abgestimmt worden. Dabei wurde darauf geachtet, daß sich die Investitionen in die Ertüchtigungsprogramme der beiden Länder einfügen. Das Investitionsprogramm umfaßt Ausrüstungen für

- Diagnose- und Überwachungssysteme,
- wiederkehrende Prüfungen (zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen) sowie

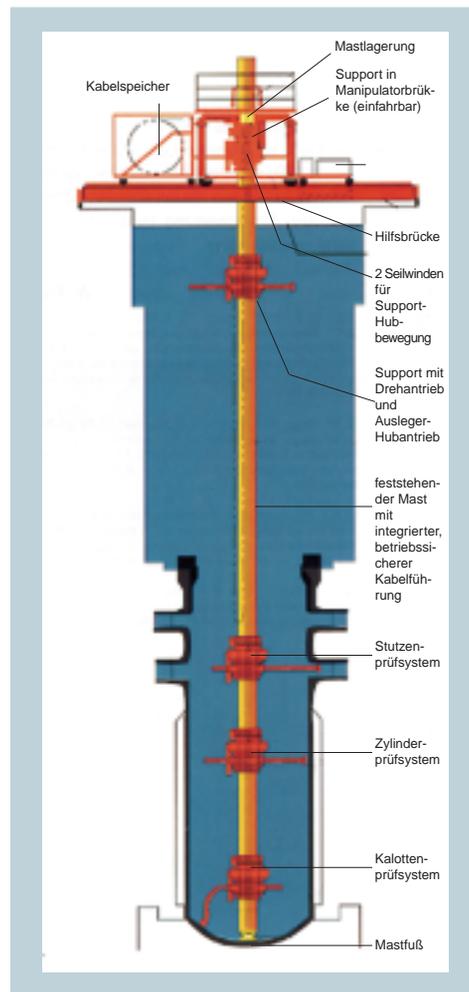
- Brandschutzmaßnahmen und
- Datenverarbeitungs- und Telekommunikationseinrichtungen.

Die Geräte zur Diagnose und Überwachung (z. B. Schwingungsüberwachung, Lecküberwachung) ermöglichen die kontinuierliche Überwachung wichtiger Komponenten und Rohrleitungen. Mögliche Schadensmechanismen werden damit bereits im Ansatz erkannt, bevor es zur Ausbildung größerer Schäden kommt.

Für zerstörungsfreie wiederkehrende Prüfungen an Komponenten und Rohrleitungen werden u. a. ein Zentralmastmanipulator für Innenwandprüfungen des Reaktordruckbehälters, ein Manipulator für Werkstoffprüfungen an Dampferzeugern und weitere Geräte für Ultraschall- und Röntgenprüfungen (z. B. zur Prüfung von Schweißnähten in Rohrleitungen) geliefert. Mit diesen Ausrüstungen können alle wichtigen Komponenten und Rohrleitungen nach westlichem Standard geprüft werden.

Zur Verbesserung des Brandschutzes wurden Brandschutzbeschichtungen sowie feuerfeste, wasser- und gasdichte Schottungen für Kabeltrassen und Durchführungen geliefert. Mit den Datenverarbeitungs- und Kommunikationseinrichtungen wurden die Verbindungen zwischen Kraftwerk, Bereitschaftspersonal und Sicherheitsbehörde verbessert.

Die russischen und ukrainischen Partner sehen in den bereitgestellten Ausrüstungen einen wichtigen Beitrag, der vom BMU zur Modernisierung und zur Verbesserung der Sicherheit in den Anlagen geleistet wird. Mit den Investitionen ist auch das Betriebspersonal der Anlagen in begleitenden Schulungen zur Handhabung der



Zentralmastmanipulator

Prüfausrüstungen motiviert worden. Die Ingenieure und Techniker erkennen, welche Möglichkeiten sich mit den modernsten Überwachungs- und Prüfeinrichtungen für die Sicherheitskontrolle in den Anlagen bieten. Der Einsatz der Prüfgeräte für Dampferzeugerheizrohre führte bereits zu sichtbaren Erfolgen. Schädigungen konnten frühzeitig erkannt und Leckagen vom Primär- zum Sekundärkreis vermieden werden.

Bei der Abwicklung der Lieferungen ergaben sich formale Schwierigkeiten bei Zoll, Abgaben und Haftungsfragen.

8.6 Brennstoffkreislauf und Entsorgung

Die Struktur und die Anlagen des nuklearen Brennstoffkreislaufs und der Entsorgung in Osteuropa sind erst nach der Öffnung dieser Länder im Westen bekannt geworden. Im Vordergrund stand die Produktion und Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoff für militärische Zwecke, die Entsorgung radioaktiver Rückstände hatte nur geringe Bedeutung. Auch heute noch ist die Zusammenarbeit zum Brennstoffkreislauf und zur Entsorgung weniger entwickelt als zur Reaktorsicherheit.

Die GRS hat in einem ersten Schritt Informationen zusammengestellt zu: Erfassung und Sicherung der Kernbrennstoffe, Behandlung und Verbleib radioaktiver Rückstände und Abfälle, radioaktiv kontaminierten Landstrichen und Gewässern sowie Stilllegung von Anlagen. Der Informationsaustausch mit den verantwortlichen Vertretern in den osteuropäischen Ländern wurde ganz entscheidend gefördert. Dabei zeigte sich, daß die heute sichtbaren Probleme in der zum Teil unzureichenden sicherheitstechnischen Auslegung der Anlagen liegen. Lange Zeit unterlagen die Anlagen keiner Genehmigungspflicht und keiner unabhängigen Aufsicht.

GRS und IPSN unterstützten die ukrainische Sicherheitsbehörde bei der Erstellung von Regelwerken für Brennelementfabriken und Brennelementzwischenlager. Die Regelwerke beruhen wesentlich auf deutschen Sicherheitsanforderungen. Weitere Themen waren die Kriterien für die Standortwahl von Brennelementfabriken sowie Aufgaben und Qualifikation von Gutachtern in Genehmigungsverfahren. In Zusammenarbeit mit ukraini-



Uranerztagbau und Abraumhalden in Scholtse Wody, Ukraine

schen Ministerien und wissenschaftlichen Zentren wurde eine Machbarkeitsstudie für eine Untertagedeponie für langlebige wärmeproduzierende radioaktive Abfälle erstellt.

In Rußland entwickeln Rosenergoatom und VNIIAES ein Regelwerk für den Umgang mit radioaktiven Abfällen aus Kernkraftwerken. Dabei sind Gosatomnadsor und GRS als Berater beteiligt.

Untersuchungen zum Brennstoffkreislauf und zur Entsorgung wurden nur im Zusammenhang anlagenbezogener Sicherheitsbeurteilungen einzelner KKW's (Mochovce, Kosloduj 5 - 6, Rowno 4, Chmelnizki 2, Kalinin 3) vorgenommen.

In Zusammenarbeit mit dem russischen Ministerium für Atomenergie (Minatom) hat die GRS federführend ein Projekt zur Fabrikation und zum Einsatz von Plutonium aus der Abrüstung von Kernwaffen in russischen Reaktoren durchgeführt. Das Projekt wird als trilaterales, für weitere Partner offenes Vorhaben durch Frankreich, Deutschland und Rußland weitergeführt. Damit kann der Abrüstungsprozeß nachhaltig unterstützt

werden. Im Rahmen des Projekts sollen die Auslegung der Brennelementfabrik, der Einsatz von MOX-Brennstoff in WWER-1000 und BN-600 sowie Genehmigungserfordernisse präzisiert werden.

8.7 Anlagensicherung

Seit dem Jahr 1992 arbeitet die GRS im Auftrag des BMU mit osteuropäischen Partnern auf dem Gebiet der Sicherung von Kernmaterial und kerntechnischen Anlagen zusammen. Zielsetzung der Zusammenarbeit ist es, den physischen Schutz für Kernbrennstoffe zu erhöhen und damit die Entwendung von Kernmaterial zu verhindern.

Die Zusammenarbeit begann mit gemeinsamen Seminaren. Unter Beteiligung deutscher Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden sowie Betreibern wurde die Vorgehensweise bei der Sicherung erläutert, u. a. Regeln, Richtlinien, Vorschriften und behördliche Empfehlungen, Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren sowie Sicherungskonzepte deutscher Anlagen.

Im weiteren wurden Erfahrungen über die Eignung von Systemen zur Sicherung sowie Methoden zur Identifizierung und Beseitigung von Schwachstellen bei der Sicherung älterer Anlagen ausgetauscht. Für Transporte wurde die Sicherung, Genehmigung und Aufsicht im Detail diskutiert.

Im Auftrag des BMU unterstützte die GRS die Sicherungsmaßnahmen des Kernmaterials im russischen Institut für Kernmaterialforschung (Botschwar-Institut). Dort wurde gemeinsam ein Sicherungskonzept erarbeitet und an-

schließend mit russischen Sicherungssystemen technisch realisiert.

8.8 Sanierung in Tschernobyl

Eine besonders schwierige Situation besteht in Tschernobyl. Block 4 wurde beim Unfall am 26. April 1986 zerstört. Die Explosion des Reaktors und der anschließende Brand im Reaktorkern haben zu einem erheblichen Ausstoß radioaktiven Materials in die Umwelt und zum Auswurf von Brennstofftrümmern in die Umgebung des Kraftwerks geführt. Unmittelbar nach dem Unfall wurde über den zerstörten Reaktor der Sarkophag errichtet.

Die GRS hat seit dem Unfall Informationen zu Aufbau, Betriebs- und Sicherheitsverhalten der RBMK-Reaktoren zusammengetragen. Des Weiteren hat die GRS Sicherheitsanalysen für RBMK, insbesondere zum Unfallablauf in Tschernobyl, durchgeführt. Bereits 1987 wurden von der GRS Berichte zur systematischen Beschreibung von RBMK-Anlagen und zum Unfallhergang herausgegeben. Die Analyse des Reaktorunfalls und die Bewertung seiner radiologischen, medizinischen und sozialen Folgen wurden weitergeführt und vertieft. Auch hier waren deutsche Institutionen, angeführt von GRS und GSF, kontinuierlich tätig. Seit 1992 sind diese Arbeiten intensiviert worden.

Bilateral unterstützt die GRS **im Auftrag des BMU** die ukrainische Sicherheitsbehörde (NRAU) bei der Bewertung des gegenwärtigen Zustan-

des im Unfallreaktor und seiner Umgebung. Die Untersuchungen befassen sich mit

- bautechnischen Fragestellungen, insbesondere der Analyse von Schwachstellen der gegenwärtigen Konstruktionen sowie der Bewertung geplanter Stabilisierungsmaßnahmen und Konzepte zur Umgestaltung
- der radiologischen Situation, d. h. der Strahlungssituation und der radioaktiven Kontaminationen sowie der Verteilung des Brennstoffs im Sarkophag und außerhalb am Standort.

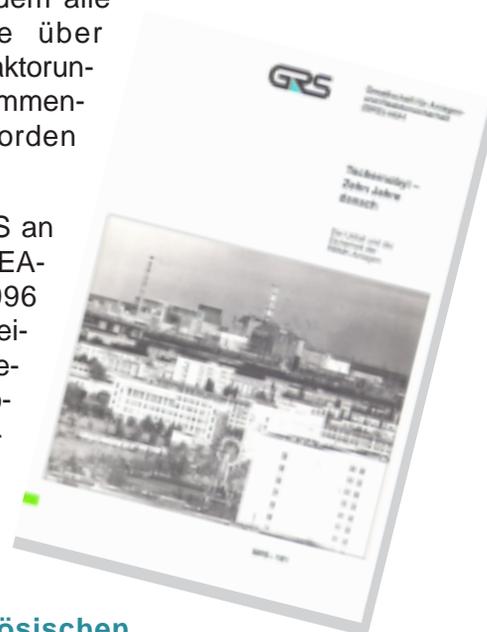
Die Stabilität des Sarkophags ist langfristig gefährdet. Dies betrifft vor allem seine Standfestigkeit gegen äußere Einwirkungen, z.B. aus Erdbeben oder bei einem schweren Orkan. Im Inneren des Gebäudes vorhandenes Wasser, sowie über Fugen und Spalten eindringendes Regenwasser führen zu Korrosionsprozessen an Beton- und Stahlteilen. Ein Schwerpunkt der Arbeiten bestand in der Analyse angenommener Störfälle und der Ermittlung möglicher radiologischer Folgen. Bei größeren Schäden am Sarkophag können radioaktive Stoffe freigesetzt werden, die lokal zu einer erhöhten Strahlenexposition führen können. Gravierende Schäden wären aber selbst bei einem Einsturz des Sarkophags auf die nähere Umgebung begrenzt. Andere Arbeiten befaßten sich mit Aspekten der nuklearen Sicherheit und insbesondere mit einer möglichen Rekritikalität des im Sarkophag verbliebenen brennstoffhaltigen Materials. Hierzu wurden Kritikalitäts- und Strahlenfeldberechnungen mit dem Ergebnis durchgeführt, daß das Entstehen einer sich selbsterhaltenden Kettenreaktion äußerst unwahrscheinlich ist.

Umfangreiche Arbeiten waren zur Erstellung und Bewertung von normativ-technischen Dokumenten erforderlich. Die Technologische Betriebsvorschrift und der Sicherheitsbericht für Block 4 wurden bewertet. Untersuchungen erfolgten auch zu Problemen des betrieblichen Strahlenschutzes, zu radioaktiven Ableitungen, zu radioaktiven Kontaminationen des Bodens und des Grundwassers am Standort sowie zu potentiellen radiologischen Folgen bei Bränden.

Zum 10. Jahrestag des Reaktorunfalls hat die GRS einen umfassenden Bericht herausgegeben, in dem alle wichtigen Erkenntnisse über RBMK-Reaktoren, den Reaktorunfall und seine Folgen zusammengestellt und bewertet worden sind.

Des weiteren war die GRS an der Vorbereitung zweier IAEA-Konferenzen im April 1996 maßgeblich beteiligt. Bei beiden Konferenzen wurden gemeinsame west-östliche Positionen zu z.T. bisher strittigen Fragen der Sicherheit von RBMK-Reaktoren und der Tschernobyl-Problematik erarbeitet.

In einer **Deutsch-Französischen Initiative (DFI)** werden drei Projekte realisiert, die von ukrainischen, russischen und weißrussischen Institutionen bearbeitet werden. Mit diesen Projekten sollen zu den Themenkreisen Sicherheit des Sarkophags sowie radioökologische und gesundheitliche Folgen des Unfalls verlässliche Informationen zusammengestellt werden, die eine sachgerechte Einschätzung der Unfallfolgen ermöglichen. Für zukünftige Arbeiten können diese Informationen als verlässliche Grundlage genutzt werden. Deutschland und



Frankreich unterstützen damit die Ukraine technisch und finanziell beim Aufbau eines Internationalen Wissenschaftlichen Tschernobylzentrums (ISCC).

Mit dem **Memorandum of Understanding (MoU)** zwischen der G7 und der Ukraine wurde ein umfassendes Programm für die Stilllegung des KKW Tschernobyl vereinbart. Im Rahmen verschiedener Tacis-Vorhaben wurden Studien zur Sanierung von Tschernobyl ausgearbeitet. Für die Stabilisierung des Sarkophags wurde ein "Shelter Implementation Plan" (SIP) aufgestellt. Zur Umsetzung des SIP ist auf Anregung der G7 bei der EBWE ein Chernobyl Shelter Fonds (CSF) eingerichtet worden. GRS, IPSN und das SSTC haben für den SIP grundlegende Sicherheitsziele erarbeitet. Dabei handelt es sich um Anforderungen an die nukleare Sicherheit, den Strahlenschutz und an die bautechnische Stabilität.

Das Ziel aller Aktivitäten zum Sarkophag ist der Schutz des Personals, der Bevölkerung und der Umwelt vor der Gefährdung durch radioaktive

Strahlung. Um dieses Ziel zu erreichen, werden mit dem SIP folgende Aufgaben gelöst:

- Verminderung der Einsturzgefahr des Sarkophags
- Begrenzung der möglichen Folgen eines Einsturzes
- Gewährleistung der nuklearen Sicherheit innerhalb des Sarkophags
- Verbesserung der Sicherheit des Personals und des Umweltschutzes
- Entwicklung einer Langzeitstrategie zur Sanierung des Standorts.

GRS und IPSN unterstützten die ukrainische Genehmigungsbehörde (NRAU) in allen genehmigungsrechtlichen Fragen zum SIP. Das sind Stellungnahmen zum SIP, zu den technischen Spezifikationen der ersten Projekte (Early Biddable Projects) und zu ukrainischen Positionspapieren (Statements of Policy).

Des weiteren unterstützte die GRS zusammen mit anderen westlichen TSOs die ukrainische Sicherheitsbehörde bei der Erstellung von Anforderungen zur Stilllegung der Blöcke 1 bis 3 des Kernkraftwerks Tschernobyl und zur Entsorgung der Brennelemente und radioaktiver Abfälle. Darüber hinaus werden Stilllegungs- und Abfallkonzepte begutachtet.

Mit diesen Arbeiten von GRS und IPSN ist die Sicherheitsbehörde in die Lage versetzt worden, aktuelle Aufgaben der Genehmigung und Aufsicht in Tschernobyl technisch qualifiziert wahrzunehmen. Auch bei den zukünftigen Aufgaben zur Sanierung von Tschernobyl muß die Unterstützung der Behörde durch westliche Sachverständigenorganisationen gewährleistet sein.

**Blick ins Innere
des Sarkophags,
KKW Tschernobyl,
Ukraine**



Zwischenbilanz

Im Sinn einer Zwischenbilanz wird eine Bewertung der bisherigen Arbeiten und ihrer Ergebnisse vorgenommen. Was ist erreicht worden, gibt es Erfolge, sind die Schwerpunkte richtig gesetzt worden, was bleibt zu tun?

Sowohl in den bilateralen als auch in den multilateralen Programmen zur Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit in Osteuropa gibt es inzwischen eine ganze Reihe von Ergebnissen. Sie betreffen praktisch alle Bereiche: die Stärkung der Sicherheitsbehörden, die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit, die Sicherheitsbewertung und Verbesserungen in den Anlagen. Erste Ergebnisse gibt es auch bei den Arbeiten zum Brennstoffkreislauf, zur Anlagensicherung und zur Sanierung in Tschernobyl.

9.1 Unterstützung der Sicherheitsbehörden

Von Anfang an war die Stärkung der Sicherheitsbehörden ein zentrales Element der westlichen Unterstützung für die osteuropäischen Länder. Hier sind bedeutende Erfolge erzielt worden:

- Heute gibt es in allen osteuropäischen Ländern mit kerntechnischen Anlagen eigenständige Sicherheitsbehörden. In einigen Ländern wurden mit westlicher Hilfe Sicherheitsbehörden aufgebaut. Dort wo Behörden bereits existierten, haben die westlichen Länder dazu beigetragen, ihre Unabhängigkeit und fachliche Qualifikation zu stärken.
- In den osteuropäischen Ländern wurden in Anlehnung an westliche Praxis gesetzliche Grundlagen für die friedliche Nutzung der Kern-

energie geschaffen. Nationale Sicherheitsrichtlinien und regulatorische Anforderungen, in denen die veränderten gesetzlichen Grundlagen und Sicherheitsstrukturen berücksichtigt werden, sind neu ausgearbeitet worden.

- In osteuropäischen Ländern sind eigenständige Sachverständigenorganisationen zur fachlich-technischen Unterstützung der Behörden aufgebaut worden. Dort wo solche Institutionen formell noch nicht existieren, werden von den Behörden in zunehmendem Maße unabhängige Fachleute aus Forschung und Entwicklung zur technischen Beratung herangezogen.
- Die Sicherheitsbehörden der osteuropäischen Länder sind bereits sehr weit in internationale Sicherheitsstrukturen und -organisationen eingebunden.

Die deutschen Arbeiten konzentrierten sich hauptsächlich auf die Behörden in Rußland und in der Ukraine, in einem gewissen Umfang auch auf die Behörde in Litauen. In **Rußland** und in der **Ukraine** bestehen heute enge, partnerschaftliche Beziehungen zu den Behörden und ihren Sachverständigenorganisationen. Wichtige Voraussetzungen hierfür waren intensive Arbeitskontakte und Gastaufenthalte in Deutschland und die Einrichtung der gemeinsamen Büros von GRS/IPSN/RISKAUDIT in Moskau und in Kiew. Durch direkte Beziehungen konnte eine Vertrauensbasis geschaffen werden, auf der es möglich ist, auch schwierige Aufgaben effizient und erfolgreich anzugehen.

Folgendes ist erreicht worden:

- Die Stellung der Behörden und ihrer Sachverständigenorganisationen gegenüber der Industrie,



Warte im KKW Rowno, Ukraine

dem Projektanten, dem Hersteller und dem Betreiber ist gestärkt worden.

- Den in den Behörden und Sachverständigenorganisationen arbeitenden Fachleuten ist westliches Verständnis für Sicherheitsfragen und Sicherheitsbewußtsein vermittelt worden. Das ist deshalb wichtig, weil diese Fachleute praktisch alle Bereiche von Anlagentechnik und -betrieb erreichen und dieses Verständnis weitertragen.
- In gemeinsamen Arbeiten hat die deutsche Unterstützung wesentlich dazu beigetragen, engere Beziehungen zwischen Behörde und Sachverständigen einerseits und Fachleuten der Hersteller und Betreiber andererseits zu schaffen. Beispiele hierfür sind Arbeiten zur Auswertung von Betriebserfahrungen und zur Bewertung von Nachrüstprogrammen der Industrie.
- Die Erfahrungen zeigen, daß es für eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit den Behörden wichtig ist, auch mit Institutionen aus Wissenschaft und Industrie gemeinsame Arbeiten durchzuführen. Die Stellung der Behörden wird dadurch gestärkt,

weil sie so ihre Entscheidungen technisch fundierter absichern können. Hier wurden erste Fortschritte erzielt.

- BMU und GRS sind für die Sicherheitsbehörden kompetente und verlässliche Partner geworden, mit denen sie auch ad-hoc-Aufgaben besprechen und lösen können.

Themenbereiche, in denen die Behörden Schwerpunkte für zukünftige Beratung und Unterstützung sehen, sind hauptsächlich:

- Weiterentwicklung sicherheitstechnischer Regeln und Richtlinien unter Berücksichtigung der westlichen Sicherheitspraxis
- Gemeinsame Sicherheitsuntersuchungen und Bewertungen von Sicherheitsverbesserungen in den Anlagen
- Zusammenarbeit in aktuellen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren, u. a. Umsetzung des 2 plus 2-Ansatzes der internationalen Unterstützung für Industrie und Behörden
- Austausch von Behördenvertretern und Sachverständigen
- Spezielle Unterstützung der ukrainischen Behörde bei der Ausarbeitung behördlicher Anforderungen und der praktischen Umsetzung des Genehmigungsverfahrens zum Shelter Implementation Plan (Tschernobyl).

In **Litauen** ist mit deutscher Unterstützung eine Sicherheitsbehörde und gleichzeitig eine Sachverständigenorganisation aufgebaut worden. Die litauischen Fachleute sind heute in der Lage, Sicherheitsanalysen selbständig durchzuführen. Die litauische Regierung hat ein internationales Gremi-

um kompetenter Fachleute eingesetzt, um die Behörde in ihren fachlichen Entscheidungen zu unterstützen. Fachqualifikation und Durchsetzungsvermögen der Behörde müssen weiter gestärkt werden. Eine weitere Unterstützung der Behörde und ihrer Sachverständigen – auch im Hinblick auf ihre personelle Ausstattung – ist deshalb erforderlich.

In **Bulgarien** gab es zu Beginn der westlichen Unterstützung 1991 eine Sicherheitsbehörde, die vom Betreiber kaum akzeptiert wurde. Die technische Unterstützung durch westliche TSOs war daher dringend notwendig. Eigenständigkeit und Unabhängigkeit der Behörde konnten Schritt für Schritt entwickelt werden. Dabei gab es auch Situationen, in denen die Behörde Entscheidungen traf, die im Widerspruch zu Empfehlungen der westlichen Industriepartner und TSOs standen.

Die geleistete Arbeit führte zu folgenden Ergebnissen:

- In Bulgarien wurde erstmals der 2 plus 2-Ansatz der internationalen Unterstützung von Betreiber und Behörde erfolgreich praktiziert. Damit konnten erhebliche Sicherheitsverbesserungen im KKW Kosloduj erreicht werden.
- Die Behörde ist heute aufgrund der engen Zusammenarbeit der westlichen TSOs ein vom Betreiber anerkannter Partner. Zu diesem Erfolg hat maßgeblich die kontinuierliche Unterstützung durch die stets gleichen TSO-Partner beigetragen.
- Die Behörde verfügt inzwischen auf einzelnen Fachgebieten über qualifizierte Fachleute. Nach wie vor gibt es jedoch keine nationale Sachverständigenorganisation zur Unterstützung der Behörde.

Bulgarien ist auch zukünftig auf intensive Unterstützung durch westliche Expertenorganisationen angewiesen.

In **Armenien** wurde die Sicherheitsbehörde erst 1993 gegründet. Sie ist heute noch nicht in der Lage, ihre Aufgaben im erforderlichen Umfang wahrzunehmen. Sie wird deshalb von der russischen Behörde und seit 1996 von westlichen Behörden und TSOs in regulatorischen und technischen Aufgaben unterstützt. Die technisch-fachliche Unterstützung erfolgt durch dieselben TSOs, die auch in Bulgarien tätig sind. Auf diese Weise können Erfahrungen aus Kosloduj für die Sicherheitsbeurteilung und Sicherheitsverbesserungen des KKW Medsamor genutzt werden. Eine internationale Beratergruppe wurde eingesetzt, die Armenien in Fragen der kerntechnischen Sicherheit unterstützt.

Armenien kann in absehbarer Zeit die Behörde nicht aus eigener Kraft in erforderlichem Maße ausbauen. Eine intensive Unterstützung durch westliche Behörden und TSOs ist daher längerfristig dringend geboten.

In **Tschechien**, in der **Slowakei** und in **Ungarn** bestehen heute Sicherheitsbehörden bereits weitgehend nach westlichem Muster. Die Zusammenarbeit mit den Behörden dieser Länder hat sich von deutscher Seite bislang auf verschiedene sicherheitstechnische Einzelthemen konzentriert.

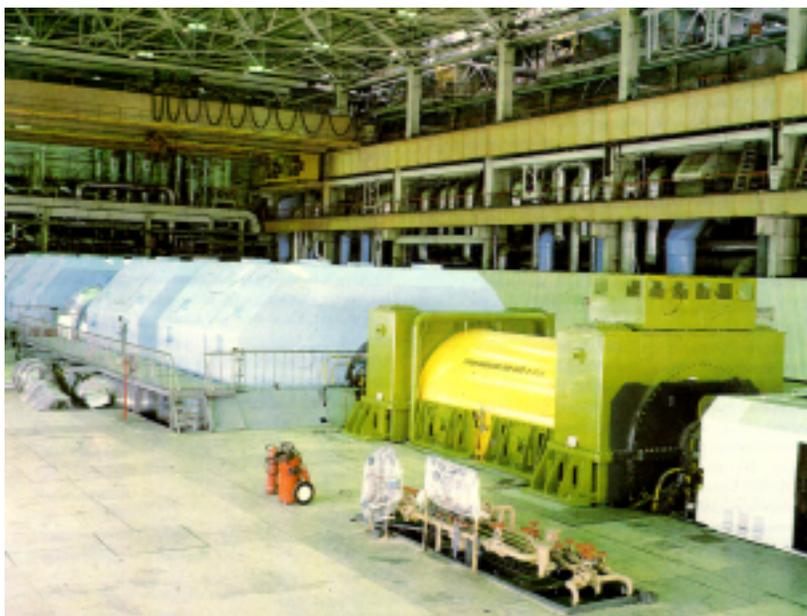
Neue Anforderungen an die deutsche Zusammenarbeit mit den Sicherheitsbehörden osteuropäischer Länder erwachsen aus dem Bestreben dieser Länder, der Europäischen Union beizutreten.

9.2 Sicherheitsforschung und Entwicklung, Sicherheitsuntersuchungen

Es hat sich gezeigt, daß die **wissenschaftlich-technischen Arbeiten** Grundlage aller anderen Formen der Unterstützung und Zusammenarbeit zur Verbesserung der Reaktorsicherheit in Osteuropa sind. Zehn Jahre Kooperation im Rahmen des BMBF-Programms haben dazu geführt, daß heute

- fortgeschrittene Analysemethoden und Rechenprogramme für die Sicherheitsuntersuchungen zu WWER- und RBMK-Reaktoren genutzt werden,
- Rechenprogramme gemeinsam weiterentwickelt und verifiziert werden,
- auf dem Gebiet der experimentellen Forschung das wissenschaftliche Potential der osteuropäischen Partner in internationale Vorhaben einbezogen wird.

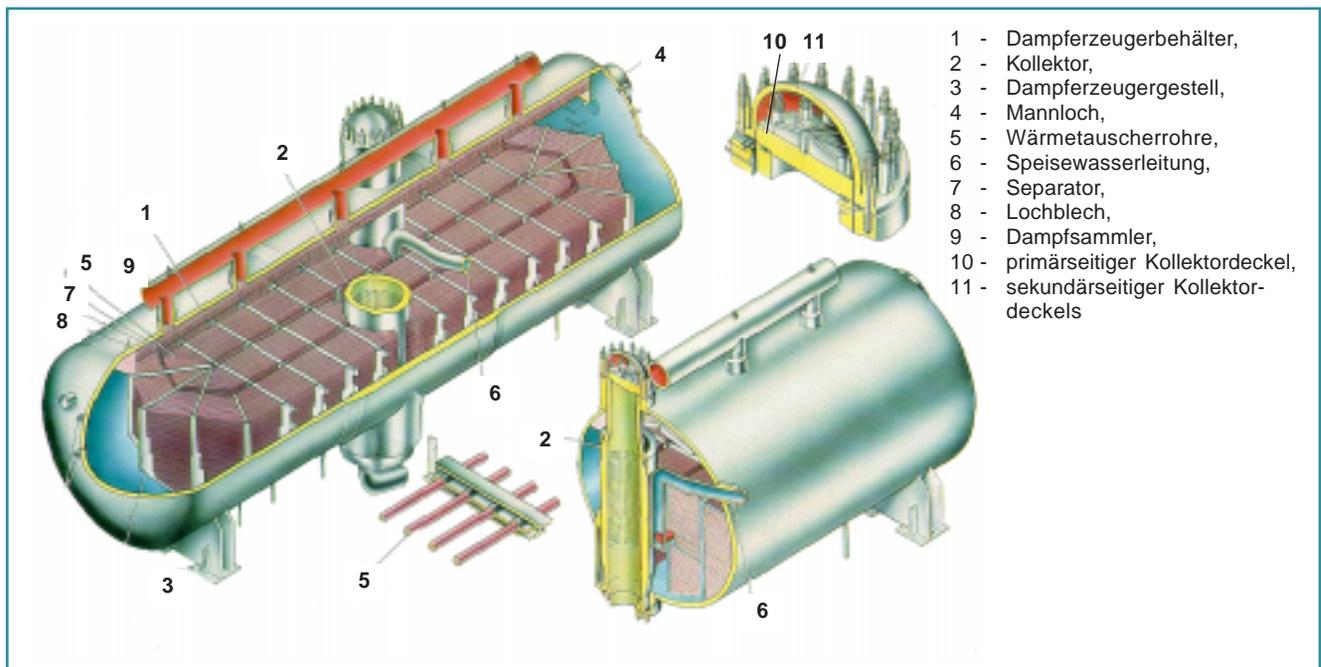
Maschinenraum im KKW Chmel'nizki, Ukraine



Diese Erfolge sind vor allem mit Rußland erzielt worden. Es ist gelungen, osteuropäische Institutionen in die internationale Sicherheitsforschung einzubeziehen. Von den osteuropäischen Ländern sind hierzu auch erhebliche eigene Anstrengungen unternommen worden. Die Kooperation in Forschung und Entwicklung ist bereits weit fortgeschritten. Sie bedarf jedoch auch weiterhin der westlichen Unterstützung, da den osteuropäischen Ländern die erforderlichen Finanzmittel fehlen.

Sicherheitsuntersuchungen sind heute in unterschiedlichem Umfang für alle Baulinien der WWER und für die RBMK-Reaktoren vorhanden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen ermöglichen die qualifizierte Beurteilung wichtiger Sicherheitsaspekte. Hierzu gibt es gemeinsame Arbeiten zu Werkstofffragen, zum Störfallverhalten, zur systemtechnischen Sicherheitsauslegung und zum Betriebsverhalten der Anlagen:

- Die Werkstoffanalysen zeigen im allgemeinen, daß die Qualität der in den Anlagen eingesetzten Werkstoffe befriedigend, jedoch die Sicherheitsdokumentation zu den Werkstoffen unzureichend ist. Es gibt auch einige sicherheitsrelevante Einzelprobleme, die noch zu lösen sind, u. a. Materialverhalten bei den WWER-Dampferzeugern und bei den Druckrohren der RBMK-Anlagen.
- Die Störfallanalysen zeigen, daß Störfälle im ursprünglichen Auslegungsumfang beherrscht werden. Die dazugehörigen Sicherheitsnachweise sind größtenteils nur generisch für die Reaktortypen bzw. die einzelnen Baulinien vorhanden. Gemessen an heutigen Si-



cherheitsanforderungen sind weitere Störfallanalysen vor allem zu auslegungsüberschreitenden Störfallabläufen und zur Verbesserung der Störfallhandbücher in den Anlagen erforderlich.

- Die Bewertung der Sicherheitssysteme hat gezeigt, daß in den meisten Anlagen keine systematischen Nachrüstungen vorgenommen worden sind, um das Sicherheitsniveau an aktuelle Auslegungsanforderungen anzugleichen. Neben ingenieurtechnischen Bewertungen und deterministischen Analysen sollten zur Beurteilung der systemtechnischen Schwachstellen anlagenspezifische probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) genutzt werden.
- Die Auswertung von Betriebserfahrungen läßt erkennen, daß generell in den neunziger Jahren die Anzahl von Störungen und Störfällen in osteuropäischen Anlagen abgenommen hat. Betriebsorganisation und Betriebsführung, sowie War-

tung und Instandhaltung haben sich in vielen Anlagen verbessert. Gleichwohl gibt es aber noch Probleme bei der Qualität der Betriebs- und Störfallhandbücher.

Gerade die bilaterale Unterstützung durch den BMU ermöglichte die vertieften sicherheitstechnischen Untersuchungen, mit denen ein gemeinsames Verständnis zu sensitiven Sicherheitsfragen erreicht wurde. Auf dieser Basis werden heute gezielt Verbesserungen vorgenommen.

9.3 Sicherheitsverbesserungen und Nachrüstmaßnahmen

Der Erfolg der westlichen Unterstützung und der eigenen Anstrengungen der betroffenen Länder läßt sich am sichtbarsten daran messen, inwieweit Sicherheitsverbesserungen und Nachrüstmaßnahmen in den osteuropäischen Kernkraftwerken vorangekom-

Schnittbild eines Dampferzeugers



**KKW Temelin,
Tschechien**

men sind. Hierzu lässt sich folgendes feststellen:

- Zu den drei Baulinien der WWER und zu den RBMK-Reaktoren gibt es eine ganze Reihe von Sicherheitsbeurteilungen und daraus abgeleitete Zusammenstellungen von Sicherheitsdefiziten. Aufbauend auf diesen Studien liegen zu verschiedenen Kernkraftwerken inzwischen auch genauere anlagen-spezifische Beurteilungen vor, in denen Maßnahmen für Sicherheitsverbesserungen vorgeschlagen und spezifiziert werden.
- In allen Anlagen wurden in den vergangenen Jahren Einzelmaßnahmen vorgenommen, mit denen Sicherheitsmängel behoben worden sind. Der Stand bereits erfolgter Sicherheitsverbesserungen ist in den einzelnen Anlagen jedoch sehr unterschiedlich.
- Bereits in den achtziger Jahren wurden von den osteuropäischen Staaten Konzepte für Nachrüstungen zur Verbesserung der Sicherheit erarbeitet. Die Konzepte wurden aber nicht umgesetzt. Lediglich besonders dringliche Maßnah-

men, wie z. B. nach 1986 die Sofortmaßnahmen in den RBMK, wurden in den Anlagen realisiert.

- Inzwischen sind von der Industrie für eine Reihe von Kraftwerken anlagenspezifische Nachrüstprogramme ausgearbeitet worden. Zu diesen Programmen sind von der GRS und anderen TSOs Stellungnahmen abgegeben worden. Dabei sind zusätzlich zu den von der Industrie vorgesehenen Maßnahmen weitere Sicherheitsverbesserungen empfohlen worden. Wenn die Nachrüstmaßnahmen und die Empfehlungen der TSOs in vollem Umfang realisiert werden, dann wird bei älteren Anlagen die Sicherheit ganz erheblich verbessert und bei modernen Anlagen ein Sicherheitsniveau erreicht, das internationalen Anforderungen entspricht.
- In verschiedenen Anlagen ist mit der Realisierung größerer Nachrüstprogramme begonnen worden. Es gibt jedoch noch keine Anlage, in der ein derartiges Programm bereits vollständig umgesetzt worden ist. Nach wie vor fehlen vor allem die finanziellen Mittel, um die geplanten Nachrüstungen zügig realisieren zu können.

WWER-440/W-230

In allen Anlagen sind Maßnahmen zur Gewährleistung der Integrität des Reaktordruckbehälters (Reduzierung der Neutronenversprödung und lokaler Thermoschockbeanspruchungen) und zum Überdruckschutz (bei kaltem Primärkreis) realisiert worden. Verbesserungen des Kraftwerkbetriebs und der sicherheitstechnischen Einrichtungen erfolgten in unterschiedlichem Umfang.

Für Kola 1 - 2 und Nowoworonesh 3 - 4 sind größere Nachrüstprogramme ausgearbeitet worden, von denen bisher nur die vordringlichen Maßnahmen realisiert worden sind. Größere kostenaufwendige Maßnahmen wurden bisher nicht fertiggestellt. Einige ausgewählte anlagentechnische Erhöhungen erfolgen derzeit mit westlicher Unterstützung.

Im Medsamor 2 wurden bislang lediglich nur einzelne Sicherheitsverbesserungen vorgenommen.

In Kosloduj 1 - 4 und in Bohunice 1 - 2 wurden zu Beginn der neunziger Jahre Maßnahmen vorgenommen, mit denen kurzfristig spürbare Sicherheitsverbesserungen erzielt werden konnten. Insgesamt handelt es sich dabei um ca. 100 Einzelmaßnahmen je Block. Neben begrenzten anlagentechnischen Erhöhungen sind dabei auch eine Reihe kompensatori-



**KKW Mochovce,
Slowakei**

scher Maßnahmen eingeführt worden, um Sicherheitsmängel, die größere Nachrüstungen erfordern, vorübergehend auszugleichen.

Ursprünglich wurde erwartet, daß diese Anlagen sobald wie möglich abgeschaltet werden würden. Diese Erwartung hat sich nicht erfüllt. Heute muß vielmehr damit gerechnet werden, daß die Anlagen noch über längere Zeit betrieben werden. Deshalb müssen umfassendere Sicherheitserhöhungen als bisher durchgeführt werden. Größere Nachrüstprogramme werden zur Zeit in Bohunice realisiert und in Kosloduj vorbereitet.



Turbinenhalle des KKW Nowoworonesh 3-4, Rußland

WWER-440/W-213

Ebenso wie in den Anlagen W-230 sind in allen Anlagen W-213 Maßnahmen zur Gewährleistung der Integrität des Reaktordruckbehälters und zum Schutz des Primärkreises gegen Überdruck realisiert worden. Auch hier erfolgten Verbesserungen des Kraftwerksbetriebs und der sicherheitstechnischen Einrichtungen in unterschiedlichem Umfang.

In den älteren Anlagen Rowno 1 - 2 und Kola 3 - 4 sind bisher lediglich ein-

zelne Sicherheitsverbesserungen vorgenommen worden. Größere kostenaufwendige Nachrüstungen wurden nicht durchgeführt.

In Paks 1 - 4, Bohunice 3 - 4 und Dukovany 1 - 4 sind auf Basis anlagenspezifischer Sicherheitsbewertungen signifikante anlagentechnische Nachrüstungen erfolgt. Sie betreffen u. a. Diagnosesysteme, Verbesserungen bei der Notspeisewasserversorgung und in der Elektro- und Leittechnik sowie den Brandschutz. Die Nachrüstungen wurden weitgehend von den betroffenen Ländern selbst finanziert.

Für Mochovce 1 - 2 gibt es ein Programm zur Fertigstellung und umfassenden Nachrüstung der Anlagen, mit dem ein nach internationalen Maßstäben ausreichendes Sicherheitsniveau erreicht werden kann. Wichtige Systemverbesserungen werden bereits mit der Fertigstellung der Anlagen realisiert. Ein Teil der vorgesehenen Maßnahmen soll allerdings erst nach Inbetriebnahme implementiert werden.

Die Anstrengungen in Ungarn, Tschechien und der Slowakei zur Sicherheitserhöhung zeigen, daß für die W-213 ein akzeptables Sicherheitsniveau erreicht werden kann. Eine Reihe bislang nicht erfüllter Sicherheitsanforderungen bezieht sich auf noch zu erbringende Sicherheitsnachweise. Dazu zählt der vollständige Nachweis zur Wirksamkeit und Strukturfestigkeit des Druckabbausystems mit Naßkondensator.

WWER-1000

In den in Betrieb befindlichen Anlagen WWER-1000 erfolgten vorrangig Verbesserungen des Kraftwerksbetriebs und in begrenztem Umfang auch Erhöhungen der sicherheitstechnischen



Reparaturarbeiten am Reaktor im KKW Balakowo, Rußland

nischen Einrichtungen. Dort wo westliche Unterstützung mit eigenen Initiativen der Betreiber, wie zum Beispiel in Balakowo und in Rowno, zusammentrafen, sind die Erfolge am sichtbarsten. Mit anlagentechnischen Ausrüstungen (verbesserte Entlastungs- und Sicherheitsventile, elektro- und leittechnische Einrichtungen, Diagnose- und Prüftechnik, Brandschutzmaterialien u. a.) und mit Verbesserungen in der Betriebsführung und Weiterbildung des Personals ist die Sicherheit der Anlagen erhöht worden.

Umfassende Nachrüstungen, die in generischen und anlagenspezifischen Modernisierungsprogrammen zusammengestellt worden sind, wurden bislang nicht durchgeführt. Die in den Modernisierungsprogrammen geforderten Sicherheitsnachweise sind ebenfalls zu erbringen. Die Bewertung der Programme zeigt insgesamt, daß für die WWER-1000 ein nach westlichen

Maßstäben akzeptables Sicherheitsniveau erreicht werden kann.

Für in Bau befindliche Anlagen WWER-1000 existieren Programme zur Fertigstellung und umfassenden Nachrüstung. Ein entsprechendes Programm wird zur Zeit in Temelin verwirklicht. Eine internationale Bewertung des damit erreichten Sicherheitsniveaus steht noch aus.

RBMK

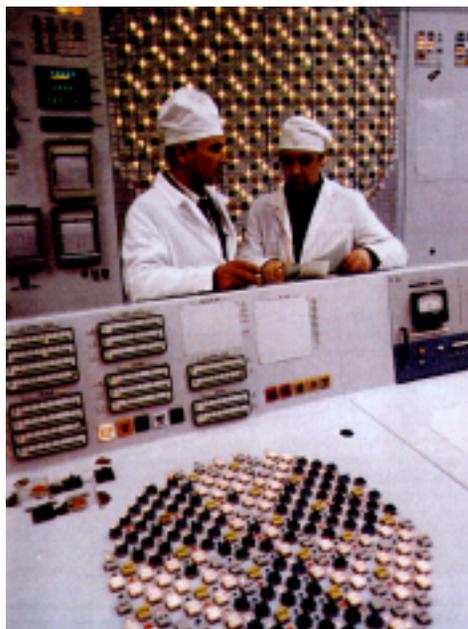
In allen RBMK-Reaktoren wurden die Betriebsführung verbessert und verschiedene, besonders dringliche Sicherheitsmängel behoben. In einer ersten Stufe der Nachrüstungen (bis 1991) wurden Verbesserungen vorgenommen, die darauf abzielten, ursächliche Mängel, die zum Unfall von Tschernobyl führten, zu beseitigen. Es handelte sich vor allem um Maßnahmen zur Verbesserung des reaktorphysikalischen Verhaltens, der Abschaltvorrichtungen und der Betriebsvorschriften. Damit wurden erhebliche Vorkehrungen gegen Reaktivitätsstöße getroffen. Eine Wiederholung des Unfalls wie in Tschernobyl ist deshalb heute kaum möglich.

In einer zweiten Stufe der Nachrüstungen wurden Auslegungsmängel beseitigt, die nicht ursächlich mit dem Unfall von Tschernobyl zusammenhängen. Verbesserungen erfolgten unter anderem zum Brandschutz, zur Meß- und Steuerungstechnik, zur Notstromversorgung und zu Sicherheitsventilen sowie des weiteren durch Einsatz von Diagnosetechnik und durch eine Neugestaltung der Leitwarte. Der Umfang der Maßnahmen ist in den einzelnen Anlagen unterschiedlich. Besonders umfangreich sind die Nachrüstmaßnahmen im KKW Leningrad.

Im Zusammenhang mit dem Austausch von Druckrohren erfolgten in den älteren Anlagen Leningrad 1 - 2 und Kursk 1 Nachrüstungen mit dem Ziel, das Sicherheitsniveau dieser Anlagen anzuheben.

In Tschernobyl wurden Nachrüstungen in geringerem Umfang durchgeführt. Die Anlagen sollten entsprechend einem Beschluß des ukrainischen Parlaments (1991) frühzeitig abgeschaltet werden, sie wurden dann aber doch weiter betrieben. Die Blöcke Tschernobyl 1 und 2 sind heute bereits abgeschaltet. Für Tschernobyl 3 werden nur Maßnahmen für den befristeten Betrieb bis zum Jahr 2000 durchgeführt.

Wie in anderen RBMK sind auch in Ignalina kurzfristige technische Verbesserungen erfolgt. Die Sicherheitsanalyse für das KKW und ihre Bewertung hat ergeben, daß Nachrüstungen dringend notwendig sind. Die wichtigsten Punkte betreffen ein zweites unabhängiges Reaktorabschaltsystem und die Gewährleistung der Integrität



Warte eines RBMK

des Reaktorkühlsystems. Des Weiteren sind auch hier noch Sicherheitsnachweise erforderlich. Der Betreiber ist derzeit dabei, die geforderten Sicherheitsverbesserungen in der Anlage umzusetzen.

Obwohl mit den Untersuchungen zu Ignalina ein vertiefter, bis dahin nicht erreichter Beurteilungsstand für RBMK-Reaktoren erzielt worden ist, können die Sicherheit und das Risiko dieser Reaktoren noch nicht ausreichend beurteilt werden. Mit den heute für die RBMK-Reaktoren vorgesehenen Nachrüstungen ist es allerdings nicht möglich, ein international akzeptables Sicherheitsniveau zu erreichen. Um internationalen Anforderungen nachkommen zu können, sind in jedem Fall zusätzliche, detaillierte Sicherheitsbeurteilungen und sehr aufwendige Nachrüstungen erforderlich.

9.4 Brennstoffkreislauf und Anlagensicherung

Zu den Anlagen des **Brennstoffkreislaufs** und der Entsorgung gibt es nur wenige mit westlicher Unterstützung durchgeführte Sicherheitsbeur-



Behälter mit WWER-Brennelementen

teilungen und daraus abgeleitete Empfehlungen für Verbesserungen. Dementsprechend gibt es auch kaum Angaben zu Nachrüstprogrammen oder bereits erfolgten sicherheitstechnischen Verbesserungen. Aus bisher vorliegenden Studien und einzelnen Sicherheitsuntersuchungen wird jedoch deutlich, daß noch ganz erhebliche Anstrengungen notwendig sind, um auch auf diesem Gebiet ein akzeptables Sicherheitsniveau zu erreichen.

Der Zustand der **Anlagensicherung** wurde mit westlicher Unterstützung für einzelne Anlagen überprüft. Dabei sind Empfehlungen zur Verbesserung des physischen Schutzes abgeleitet und gemeinsam umgesetzt worden. Auch hier sind weitere Anstrengungen notwendig, um ein Entweichen von Kernmaterialien auch unter den veränderten politischen Bedingungen zuverlässig zu verhindern.

9.5 Sanierung in Tschernobyl

Die bisherigen Untersuchungen zur Situation in Tschernobyl ermöglichen die Beurteilung der standortspezifischen Probleme:

- Die Stabilität des Sarkophags ist langfristig gefährdet. Bei größeren Schäden am Sarkophag können relativ hohe Strahlenexpositionen durch radioaktiven Staub und Bodenstrahlung auftreten, die jedoch auf das Gebiet des Standortes beschränkt bleiben. Auswirkungen auf die Bevölkerung außerhalb der 30-km-Schutzzone sind nicht zu erwarten.

- Eine Rekritikalität des im Sarkophag eingeschlossenen Brennstoffs ist äußerst unwahrscheinlich. In einzelnen Räumen des Sarkophags wurden kurzzeitig erhöhte Meßwerte des Neutronenflusses registriert (z.B. nach starken Regenfällen). Die Auswertung zeigte, daß auch in dieser Situation noch große Sicherheitsabstände zu einer Rekritikalität bestanden. Selbst bei einer Rekritikalität wären weder große Freisetzungen noch mechanische Auswirkungen zu befürchten.
- Nach dem Unfall provisorisch vergrabenes hochaktives Material ist heute ein Hindernis für die ökologische Sanierung der kontaminierten Gebiete. Ohne Gegenmaßnahmen besteht langfristig auch die Gefahr einer Grundwasserkontamination.

Heute wird verstärkt an einem Gesamtkonzept zur schrittweisen ökologischen Sanierung in Tschernobyl gearbeitet:

- Ein Konzept zur Stilllegung von Tschernobyl 1 - 3, zur Behandlung und Lagerung der dabei zu entsorgenden Abfälle und zur Lagerung der abgebrannten Brennelemente ist ausgearbeitet worden. Parallel dazu sind nationale Grundsätze zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes bei der Stilllegung der Anlagen aufgestellt worden.
- Nach verschiedenen Studien zur kurz- und langfristigen Stabilisierung des Sarkophags wurden 1997 ein Shelter Implementation Plan (SIP) und Sicherheitskriterien für den Sarkophag ausgearbeitet. Im SIP wurden konkrete Aufgabenpakete definiert, mit denen entweder technische Maßnahmen vorberei-



**Sarkophag KKW
Tschernobyl, Ukraine**

tet und realisiert oder Entwicklungsvorschläge zur weiteren Vorgehensweise erarbeitet werden. Erste Projekte zum SIP werden z.Z. vergeben.

- Ein geschlossenes Konzept zur Behandlung, Zwischenlagerung und Endlagerung von radioaktiven Abfällen für den gesamten Standort Tschernobyl und die 30-km-Schutzzone liegt noch nicht vor.
- Maßnahmen zur Rekultivierung landwirtschaftlicher Flächen und zur Wiederherstellung von Naturlandschaften wurden seit dem Unfall in unterschiedlichem Ausmaß durchgeführt. Die Maßnahmen müssen inventarisiert und systematisch analysiert werden, um ein effizientes Konzept zur radioökologischen Wiederherstellung der Flächen zu entwickeln und umzusetzen.

Die Umsetzung dieses Gesamtkonzeptes erfordert große Anstrengungen. Die Probleme können dabei nicht allein von der Ukraine, Weißrußland und Rußland bewältigt werden. Erhebliche westliche Unterstützung ist weiterhin erforderlich.

Zukünftige Aufgaben

Die Bilanz der bisherigen Arbeiten zur Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit in Osteuropa zeigt, daß substantielle Fortschritte erreicht worden sind. Sowohl bei der Sicherheit der Anlagen als auch beim Aufbau und bei der Stärkung der Sicherheitsstrukturen ist, wenn auch unterschiedlich in den einzelnen Ländern, viel erreicht worden.

Dennoch ist festzustellen:

- Trotz der Fortschritte sind die Anlagen noch nicht auf einem ausreichenden Sicherheitsniveau, westliche Unterstützung und Kooperation sind weiterhin erforderlich.
- Die Sicherheitsstrukturen in den osteuropäischen Ländern sind noch nicht soweit gefestigt, daß sie ohne westliche Hilfe und Zusammenarbeit bestehen können.
- Die Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit in Osteuropa bedarf weiterhin sowohl einer politischen als auch einer finanziellen Unterstützung durch die westlichen Länder.

Es ist unbestreitbar, daß auch weiterhin erhebliche Anstrengungen erforderlich sein werden, um die kerntechnische Sicherheit in Osteuropa an die westliche Sicherheitspraxis anzugleichen. Entgegen der ursprünglichen Erwartung, hier allein mit kurzfristigen Maßnahmen die Probleme bewältigen zu können, muß damit gerechnet wer-



KKW Nowoworonesh 3,
Rußland

den, daß eine langfristige Unterstützung erforderlich ist. Hierfür gibt es bei realistischer Einschätzung mehrere Gründe:

- Gegenüber dem Beginn der neunziger Jahre sind neue Problemfelder, wie Brennstoffkreislauf, Entsorgung und Anlagensicherung, hinzugekommen. Das ganze Ausmaß der zu bewältigenden Aufgaben, die westlicher Unterstützung bedürfen, ist nach wie vor groß.
- Für die osteuropäischen Länder ist die Kernenergie ein unverzichtbarer Bestandteil ihrer Energieversorgung und Wirtschaftsstruktur. Es ist damit zu rechnen, daß entgegen den Erwartungen westlicher Länder auch ältere Reaktoren bis zum Ende ihrer projektierten Lebensdauer betrieben werden. Damit bleiben sicherheitstechnische Fragestellungen zu diesen Anlagen aktuell.
- Die verfügbaren finanziellen Mittel reichen bei weitem nicht aus, um alle Sicherheitsprobleme zu bewältigen. Westliche finanzielle Mittel sollten gezielt auf die Festigung und den weiteren Ausbau der Sicherheitsstrukturen konzentriert werden. Die technischen Verbesserungen für den Weiterbetrieb der Anlagen sollten durch günstige Kredite finanziert werden.

Bestimmend für die zukünftigen Aufgaben bleiben die übergeordneten Ziele der bisherigen westlichen Unterstützung und Zusammenarbeit:

- die Verbesserung der Sicherheit in den kerntechnischen Anlagen,
- die Festigung der Sicherheitsstrukturen und
- die Ausbildung einer internationalen Sicherheitspartnerschaft.

10.1 Verbesserung der Sicherheit in den kerntechnischen Anlagen

Um die Verbesserung der Sicherheit in den Anlagen wirksam zu unterstützen, sind die Arbeiten auf vier Schwerpunkte zu konzentrieren:

- Die Arbeiten zur Verbesserung der **Betriebssicherheit** und **Sicherheitskultur** in den Anlagen müssen weitergeführt werden. Maßgebend hierfür sind intensive und erfolgreiche Sicherheitspartnerschaften zwischen westlichen und osteuropäischen Kernkraftwerken (On-site Assistance Programmes). Sie ermöglichen eine betriebsnahe und an praktischen Erfordernissen ausgerichtete Unterstützung, mit der westliche Betriebs- und Sicherheitspraxis vermittelt werden. Hier können mit vergleichsweise geringen finanziellen Mitteln hohe Sicherheitsgewinne erzielt werden.
- Anlagenspezifische **Modernisierungsprogramme** zur Beseitigung bestehender Sicherheitsdefizite müssen zügig realisiert werden. Dazu sind die politische Unterstützung und die Bereitstellung günstiger Kredite erforderlich.

Nur kurzfristig notwendige technische Einzelmaßnahmen sollten weiterhin aus dem Förderprogramm der westlichen Länder finanziert werden.

- Die **Sicherheitsbewertung** des aktuellen Anlagenzustandes und der Modernisierungsprogramme für in Bau und in Betrieb befindliche Anlagen durch unabhängige Sachverständige muß weiterhin von westlichen TSOs begleitet und



Steuerstabantrieb eines WWER

unterstützt werden. Die Realisierung dieser Maßnahmen ist zu verfolgen und das erreichte Sicherheitsniveau zu dokumentieren.

- Zur Modernisierung der kerntechnischen Anlagen sind in verstärktem Maß **Industriekooperationen** zu entwickeln. Für diese Zusammenarbeit verfügen viele osteuropäische Länder über eigenes technisches Know-how und qualifizierte Fachleute. Ähnlich wie zwischen westlichen und östlichen Betreibern und wie zwischen den Sachverständigen ist es damit möglich, auch zwischen den Herstellern eine internationale Partnerschaft zu fördern.

10.2 Festigung der Sicherheitsstrukturen

Um die kerntechnische Sicherheit in den osteuropäischen Ländern nachhaltig zu gewährleisten, müssen die neuen Sicherheitsstrukturen weiter gefestigt werden. Es geht auch weiterhin darum, ein nach westlichem Vorbild ausgewogenes Verhältnis zwischen Forschung, Herstellern und Betreibern sowie den für Genehmigung und Aufsicht zuständigen Sicherheitsbehörden zu erreichen:

- Die in den neunziger Jahren stark reduzierte Sicherheitsforschung muß neu strukturiert und systematisch gefördert werden. Das in den Forschungseinrichtungen, vor allem in Rußland, konzentrierte Wissen zu Sicherheitsaspekten der Anlagen muß stärker in den Prozeß der Modernisierung und Sicherheitsverbesserungen eingebracht werden. Die Forschungskapazitäten in Osteuropa sind über Kooperationen mit Forschungseinrichtungen westlicher Länder in die internationale Sicherheitsforschung einzubinden. Hier muß von westlicher Seite langfristig investiert werden.
- Die Sicherheitsbehörden sind weiterhin nachhaltig politisch und technisch zu unterstützen. Der Erfolg der gesamten westlichen Unterstützungsprogramme hängt entscheidend davon ab, daß die Behörden ihre Aufgaben wahrnehmen. Die Fortentwicklung der atomrechtlichen Gesetzgebung und des sicherheitstechnischen Regelwerks nach westlichem Vorbild ist weiterhin zu fördern. Ebenso sind der Methodentransfer und der Erfah-

rungsaustausch zwischen westlichen und östlichen Behörden fortzuführen.

- Die technische Beratung und Unterstützung der Sicherheitsbehörden ist auszubauen, um ihre Unabhängigkeit und Autorität in ihren Ländern zu stärken. Die in westlichen Ländern erfolgreich praktizierte Form der technischen Beratung durch Sicherheitskommissionen sollte auch in Osteuropa übernommen werden. Bestimmend für die technische Unterstützung bleibt aber die gemeinsame Arbeit westlicher und osteuropäischer TSOs. Sie muß zunehmend in eine Sicherheitspartnerschaft übergehen.

**KKW Ignalina,
Litauen**



10.3 Spezielle Aufgaben

Folgende spezielle Aufgaben sind zu bearbeiten:

- Die 1996 auf dem Sicherheitsgipfel von Moskau hinzugenommenen Aufgabenfelder Brennstoffkreislauf, Entsorgung und Anlagensicherung müssen systematisch angegangen werden.
- Bei der Entwicklung von neuen Reaktorkonzepten und der Ausarbeitung von Sicherheitsanforderungen für zukünftige kerntechnische Anlagen ist eine verstärkte Zusammenarbeit erforderlich.
- Die Sanierung in Tschernobyl ist eine komplexe Aufgabe. Die im Unterstützungsprogramm zur endgültigen Stilllegung der Blöcke 1 - 3 und die im Shelter Implementation Plan (SIP) zur Stabilisierung des Sicherheitseinschlusses von Block 4 (Sarkophag) festgelegten Arbeiten

müssen zügig durchgeführt werden. Eine vordringliche Maßnahme ist die Ausarbeitung und Realisierung eines integralen Konzepts zur Abfallbehandlung und Entsorgung. Die ukrainische Sicherheitsbehörde muß bei der Begleitung dieser komplexen Aufgaben technisch qualifiziert unterstützt werden.

10.4 Internationale Sicherheitspartnerschaft

Unterstützung und Zusammenarbeit zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit in Osteuropa sind darauf auszurichten, die osteuropäischen Länder in die Strukturen und Arbeiten der internationalen Sicherheitspartnerschaft voll einzubeziehen. Wichtige Elemente, mit denen diese Partnerschaft Schritt für Schritt gestärkt werden kann, sind:

- Ausgestaltung der Sicherheitskultur
- wissenschaftlich-technische Kooperation
- Harmonisierung der Sicherheitsanforderungen

- Ausbildung eines gemeinsamen Grundverständnisses von Sicherheit.

Für die Ausbildung der Sicherheitskultur ist ein zunehmend geschärftes Bewußtsein für Sicherheitsfragen wichtig. Bei allen Beteiligten aus Wissenschaft, Industrie und Behörden muß ein Grundkonsens darüber bestehen, daß der Sicherheit in jedem Fall Vorrang vor anderen, auch wirtschaftlichen Interessen beizumessen ist.

Die wissenschaftlich-technische Kooperation muß so gestaltet werden, daß wissenschaftlich-technische Erkenntnisse und Erfahrungen beider Seiten zusammengeführt werden.

Die Harmonisierung der Sicherheitsanforderungen ist mit Blick auf die weltweiten Anstrengungen und Arbeiten zur Weiterentwicklung des internationalen Sicherheitskonzepts für kerntechnische Anlagen besonders wichtig.

Enge Partnerschaften und gemeinsame wissenschaftlich-technische Arbeiten sind Voraussetzungen, um ein gemeinsames Sicherheitsverständnis auszubilden. Das gemeinsame Sicherheitsverständnis muß auf Dauer gefestigt werden.

Zusammenfassung

Auslegung und Betrieb der Kernkraftwerke sowjetischer Bauart entsprechen nicht internationalen Sicherheitsanforderungen. Das zeigten sowohl Sicherheitsuntersuchungen, die Anfang der neunziger Jahre von westlicher Seite durchgeführt wurden, als auch Bewertungen, die nach dem Unfall in Tschernobyl von der Sowjetunion vorgenommen worden sind. Sicherheitsmängel in Auslegung und Betrieb sollten durch sowjetische Modernisierungsprogramme beseitigt werden. Allerdings erfolgte die Realisierung dieser Programme nur in Ansätzen. Ursächlich hierfür waren wirtschaftliche Zwänge und mangelndes Sicherheitsbewußtsein. Erst durch den Demokratisierungsprozeß konnte in Osteuropa eine Veränderung bewirkt werden.

Im Zuge dieser Entwicklung wurden von den westlichen Industriestaaten, sowohl national als auch international, Unterstützungsprogramme wirksam eingeleitet, um die Sicherheit der Kernkraftwerke in Osteuropa zu verbessern.

Die Bundesrepublik Deutschland hat dabei von Anfang an eine führende Position eingenommen. Deutschland gehört zu den westlichen Ländern, die große Anteile der finanziellen Mittel für die Unterstützung der osteuropäischen Länder aufbringen. Das gilt sowohl für die direkte bilaterale Förderung als auch für die Beiträge zu den internationalen Programmen. Insgesamt sind von der Bundesregierung von 1990 bis 1998 etwa 800 Mio. DM für die Zusammenarbeit und für die Verbesserung der Reaktorsicherheit in Osteuropa aufgewendet worden.

Die deutsch-russische Zusammenarbeit begann bereits 1987, damals noch mit der Sowjetunion. Sie wurde

zu Beginn der neunziger Jahre auf andere osteuropäische Länder ausgedehnt. Die GRS ist dabei im Auftrag der Bundesministerien an maßgeblicher Stelle tätig.

Das BMU-Programm zur Unterstützung der osteuropäischen Länder bildet den Schwerpunkt der deutschen Förderung zur Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit in Osteuropa. Es fördert die Ziele des 1992 in München auf dem G7-Gipfel beschlossenen Aktionsprogramms: Erhöhung der Betriebssicherheit, technische Verbesserungen in den Anlagen und die Stärkung der Sicherheitsbehörden.

Die Vorhaben des BMU-Programms haben das Ziel, in Deutschland angewandte Sicherheitsmethodik, Vorgehensweisen und Sicherheitspraxis zu vermitteln. Vorrangig ist dabei die Unterstützung der Sicherheitsbehörden und ihrer wissenschaftlich-technischen Institutionen. Mit den im Programm geförderten technischen Projekten zur Erhöhung der Sicherheit in den Anlagen kann die praktische Umsetzung von möglichen Verbesserungen beispielhaft demonstriert werden. Dabei sind für ausgewählte Anlagen WWER-1000, Balakowo (Rußland) und Rowno (Ukraine), auch technische Ausrüstungen – hauptsächlich zur Diagnose und Überwachung – bereitgestellt worden.

Im BMU-Programm sind von 1990 bis 1998 insgesamt mehr als 200 Mio. DM aufgebracht worden. Mit diesen Mitteln sind erhebliche Fortschritte und Verbesserungen in der Anlagensicherheit und der Sicherheitsstruktur erreicht worden.

Der BMBF fördert seit mehr als 10 Jahren die wissenschaftlich-techni-

sche Zusammenarbeit mit Osteuropa auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit. Für den Transfer von Analysemethoden und Rechenprogrammen sowie für gemeinsame Forschungsarbeiten wurden bisher ca. 51 Mio. DM bereitgestellt.

Neben dem BMU und dem BMBF fördern auch andere Institutionen die deutsche Zusammenarbeit mit osteuropäischen Partnern. So ist von den deutschen Betreibern ein Partnerschaftsprogramm für WWER-Anlagen in Rußland und in der Ukraine aufgebaut worden.

Insgesamt hat die deutsche Unterstützung und Zusammenarbeit auf östlicher Seite hohe Anerkennung gefunden. Auf Grund der Erfolge und der vorhandenen Vertrauensbasis erwarten diese Staaten für die Zukunft, daß diese Zusammenarbeit mit deutschen Partnern gefestigt und weiter ausgebaut wird. Es ist notwendig, die bilaterale Kooperation fortzusetzen, um das Erreichte zu konsolidieren.

Mit den bilateralen, von der Bundesregierung und anderen Stellen geförderten Projekten erbringt die deutsche Seite erhebliche Vor- und Eigenleistungen für Arbeiten, die über internationale Programme finanziert werden. Dabei handelt es sich um das Sonderprogramm der IAEA, die EU-Programme Phare und Tacis und den Nuklearen Sicherheitsfonds (NSA) bei der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBWE).

Die internationale Unterstützung konzentrierte sich zunächst auf kurzfristig notwendige Maßnahmen, mit denen die Betriebssicherheit älterer Anlagen verbessert worden ist. Ein Beispiel dafür ist das 1991 von der EU initiierte Sofortprogramm für das KKW

Kosloduj, Blöcke 1 - 4, mit Reaktoren WWER-440/W-230. Auch für RBMK-Anlagen wurden Sicherheitsbeurteilungen vorgenommen und finanzielle Mittel für dringend notwendige technische Verbesserungen bereitgestellt. Mit der Sicherheitsüberprüfung für das KKW Ignalina (RBMK-1500) in Litauen wurde erstmals für eine Anlage sowjetischer Bauart ein Sicherheitsbericht nach westlichem Muster erstellt und bewertet.

In den letzten Jahren werden auch für WWER-Anlagen der moderneren Baulinien Sicherheitsbeurteilungen vorgenommen. Hauptsächlich handelt es sich um Bewertungen zu Anlagen WWER-1000, die nach längerer Bauunterbrechung fertiggestellt werden sollen. Geprüft wird, ob die Anlagen mit den von den Betreibern vorgesehenen Nachrüstungen in Auslegung und Betrieb ein Sicherheitsniveau erreichen, das internationalen Anforderungen entspricht. Bisherige Ergebnisse zeigen, daß dieses Ziel grundsätzlich erreicht werden kann.

Die Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit in Osteuropa kann nur langfristig erreicht werden. Das Ausmaß der Probleme ist nach wie vor groß. Die Bestandsaufnahme zu der bislang von westlicher Seite erfolgten Unterstützung zeigt den Erfolg der bisherigen gemeinsamen Bemühungen. Sie kann jedoch nur eine Zwischenbilanz sein. Weitere Anstrengungen sind erforderlich, um das Erreichte zu sichern und den eingeschlagenen Weg konsequent fortzusetzen. Das gilt auch für den deutschen bilateralen Beitrag, der besonders effizient war.

Mit den von der Bundesregierung geförderten Maßnahmen sind Erfolge erzielt und Verbesserungen in der Re-

aktorsicherheit in Osteuropa erreicht worden. Die Kooperation der GRS mit osteuropäischen Partnern war hierbei von großer Bedeutung:

- Die Sicherheitsbehörden und ihre Institutionen konnten in ihrer Unabhängigkeit und fachlichen Qualifikation gestärkt werden. Heute bestehen Beziehungen zu den Sicherheitsbehörden aller osteuropäischen Länder, in denen Kernkraftwerke sowjetischer Bauart betrieben werden. Besonders eng ist die Zusammenarbeit mit den Behörden und ihren Sachverständigenorganisationen in Rußland, der Ukraine, Litauen und Bulgarien.
- Die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit wurde ausgebaut. Vor allem mit russischen Institutionen wurden gemeinsame Sicherheitsuntersuchungen und Forschungsarbeiten durchgeführt. Die gemeinsamen Arbeiten sind ein wichtiger Schritt, um die osteuropäischen Länder in die internationale Sicherheitsforschung einzu beziehen.
- In allen betroffenen Ländern Osteuropas wird anerkannt, daß die Sicherheit der Anlagen mit eigenen Anstrengungen verbessert werden muß. So sind umfassende Nachrüstprogramme für in Betrieb und in Bau befindliche Anlagen ausgearbeitet worden. In fast allen Anlagen sind, wenn auch unterschiedlich und in begrenztem Umfang, Verbesserungen bereits erfolgt. Von deutscher Seite sind dabei – auch mit der Bereitstellung technischer Ausrüstungen – Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebssicherheit besonders gefördert worden.
- Zu den Reaktortypen und Baulinien wurden Sicherheitsbewertungen durchgeführt. Auf dieser Grundlage wurden Modernisierungsprogramme begutachtet und Empfehlungen für weitere Sicherheitsverbesserungen gemeinsam mit osteuropäischen Partnern ausgearbeitet. Die erzielten Resultate werden von den osteuropäischen Sicherheitsbehörden bei Genehmigung und Aufsicht genutzt.

Anhang

Projektübersicht nach Ländern

Die folgende Übersicht enthält eine länderspezifische Auflistung von Projekten, sortiert nach Themenbereichen der Zusammenarbeit. Unter dem Themenbereich „Unterstützung der Sicherheitsbehörden“ werden hier nur die regulatorischen und organisatorischen Aktivitäten aufgeführt. Die fachliche Unterstützung der Behörden ist den weiteren Themenbereichen zugeordnet.

Der Auflistung der Projekte liegt folgendes Schema zugrunde:

- Kurzbezeichnung der Unterstützungsmaßnahmen
- Förderprogramm **fett gedruckt** (BMU für BMU-Programm, BMBF für BMBF-Programm, Phare und Tacis für Programme der Europäischen Kommission, NSA für Programme der EBWE etc.)
- Projektleitende Institution (**kursiv-fett gedruckt**) und ausgewählte weitere Institutionen (**kursiv gedruckt**)
- Projektabwicklungszeitraum (soweit möglich)

Rußland

Unterstützung der Sicherheitsbehörde

- RF 1 Unterstützung der Behörde (Gosatomnadsor RF) im technisch-organisatorischen und im regulatorischen Bereich
BMU; GRS
Phase 1 (90-92), Phase 2 (92-95), Phase 3 (96-98)
- RF 2 Vor-Ort-Unterstützung von Gosatomnadsor RF und seines wissenschaftlich-technischen Zentrums
BMU; GRS
ab 92
- RF 3 Seminar-, Workshop- und Hospitationsprogramm zur Vermittlung deutscher Erfahrungen im kerntechnischen Genehmigungs- und Aufsichtsprozeß
BMU; Behörden und TSOs (BMU, Landesbehörden, GRS, etc.)
Phase 1 (92-95), Phase 2 (96-97)
- RF 4 Unterstützung von Gosatomnadsor RF in regulatorischen Angelegenheiten (Transfer of Nuclear Regulatory Methodology and Practices to the Nuclear Safety Authorities of RF)
Tacis; Behörden und TSOs (BMU, GRS, TÜV)
Phase 1 (94-97), Phase 2 (98-00)
- RF 5 Unterstützung beim Aufbau und Systematisierung der regulatorischen Basis (Electronic Regulatory Book)
Tacis; TSOs (GRS)
ab 96

- RF 6 Unterstützung beim Aufbau der Kommunikationsinfrastruktur von Gosatomnadsor RF
BMU; GRS
Phase 1 (92-94), Phase 2 (95-96)
- RF 7 Bewertungsgrundlagen für genehmigungsbehördliche Entscheidungen zu den abgeschalteten Blöcken des KKW Nowoworonesh
BMU; KAB

Sicherheitsforschung und Entwicklung

- RF 8 Weiterentwicklung, Adaption und Verifikation von GRS-Rechenprogrammen zur Transienten-, Störfall- und Unfallanalyse von WWER-Anlagen, Anwenderschulung und Nutzung dieser Programme (ATHLET, ATHLET-CD, RALOC, DRASYS, QUABOX/CUBBOX-HYCA)
BMBF; GRS
seit 89
- RF 9 Weiterentwicklung, Adaption und Verifikation von GRS-Rechenprogrammen zur Transienten-, Störfall- und Unfallanalyse von RBMK-Anlagen, Anwenderschulung und Nutzung dieser Programme (ATHLET, ATHLET-CD, RALOC, DRASYS, QUABOX/CUBBOX-HYCA)
BMBF; GRS
seit 91
- RF 10 Qualifizierung und Verifizierung bruchmechanischer Analyseverfahren
BMBF; GRS
- RF 11 Methoden probabilistischer Sicherheitsanalysen für Anlagen WWER-1000
BMBF; GRS
- RF 12 CORA-Experimente zur Untersuchung des Hüllrohrverhaltens von WWER-Brennelementen
BMBF; FZK, GRS
- RF 13 BETA-Experimente zur Untersuchung der Effekte einer Schmelze-Beton-Wechselwirkung
BMBF; FZK, GRS
- RF 14 Übergabe der GRS-Rechenprogramme an russische Forschungs- und Projektierungsinstitute und Sachverständigenorganisationen
BMBF; GRS
- RF 15 Codeübergabe und Einarbeitung in westliche Codes an Gosatomnadsor RF (Transfer of Accident Analysis Codes)
Tacis; TSOs (GRS, IPSN)
94-97

- RF 16 RASPLAV-Experimente, Untersuchungen zu Phänomenen beim Schmelzen des Reaktorkerns innerhalb des RDB
OECD; (deutsche Beteiligung: **BMBF, GRS**)
- RF 17 Brainstorming: Zukünftige FuE Aktivitäten der EU
EU; GRS
93

Untersuchungen zu Sicherheitsaspekten

- RF 18 Radioaktivitätsmessungen im Südrural
BMU; BfS
- RF 19 Bewertung und Durchführung von Störfallanalysen. Ermittlung der Zuverlässigkeit von Sicherheitseinrichtungen.
BMU; GRS
92-98
- RF 20 Analyse des Zustandes sicherheitsrelevanter Einzelkomponenten und Erarbeitung von Empfehlungen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit
BMU; GRS
92-98
- RF 21 Darstellung und Bewertung des Standes neuer Entwicklungen und Verbesserungen zur Sicherheit russischer KKW mit LWR
BMU; Hochschule Zittau
- RF 22 Unterstützung des Genehmigungsprozesses von Gosatomnadsor RF für Lieferungen aus dem NSA
NSA; TSOs (GRS, IPSN, AEA-T)
- RF 23 Gemeinsame EU-Minatom Analysen der Möglichkeiten zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit
EU; Riskaudit (deutsche Beteiligung **GRS, Siemens**)
91-92, 92-94, 94-96
- RF 24 Unterstützung von Gosatomnadsor bei der Sicherheitsbewertung im Genehmigungsverfahren
- Sicherheitsverbesserungen WWER-440/W-230 (Nowoworonesh 3-4)
 - Zustand der Reaktordruckgefäßversprödung
 - Anwendung des Konzeptes Leck vor Bruch
 - Modernisierungsprogramm und On-site Assistance für Balakowo
 - Schwere Störfälle und Notfallschutzmaßnahmen
- Tacis; TSOs (GRS, IPSN, u.a.)**

Sicherheitsbeurteilungen von Anlagen

- RF 25 Generische sicherheitstechnische Bewertung der WWER-Baulinien W-230, W-213, W-320, basierend auf Ergebnissen von KKW Greifswald (Blöcke 1-5) und KKW Stendal (Block A)
BMU; GRS
- RF 26 Analyse und Bewertung des russischen generischen Rekonstruktions- und Modernisierungskonzeptes für die in Betrieb befindlichen WWER-1000/W-320
BMU; GRS
95-97
- RF 27 Orientierende Sicherheitsbewertung des Reaktorkonzeptes WWER-640/W407
BStMLU; GRS
- RF 28 Erarbeitung von Empfehlungen zur vertieften Sicherheitsbewertung von älteren in Betrieb befindlichen Anlagen
NSA; Expertenteam mit GRS
- RF 29 Überprüfung des Modernisierungsprogrammes für die Anlage Kalinin 3
Tacis; TSOs (IPSN, GRS)
97
- RF 30 Radioaktivitätsmessung im Südural
BMU; BfS

Verbesserung der Betriebssicherheit

- RF 31 Analyse der Betriebsdokumentation und Unterstützung der Behörde bei der Ausarbeitung von Anforderungen an die Betriebsdokumentation
BMU; GRS
92-98
- RF 32 Analyse von Störungen beim Betrieb der KKW, Ausarbeitung von technischen und organisatorischen Vorschlägen zur Erhöhung der Sicherheit
BMU; GRS
92-98
- RF 33 Untersuchungen der Organisation des KKW-Betriebes (KKW Balakowo)
BMU; Adams und Partner
93-94
- RF 34 Konzeptdarstellung zum präventiven Einsatz von Monitoring- und Diagnoseverfahren (KKW Balakowo)
BMU; ISTec

- RF 35 Erstellen eines Konzeptes für Wiederkehrende Prüfungen (WKP) für WWER-Reaktoren
BMU; Siemens
- RF 36 Seminare, Trainings- und Prüfprogramme u. a. zu zerstörungsfreien Werkstoffprüfungen
BMU; GRS, Behörden, TÜV, deutsche Betreiber, FZK
ab 92
- RF 37 Unterstützung bei der Auswertung der Betriebserfahrungen und bei der Verbesserung der Betriebs- und Störfalldokumentation im KKW Balakowo, einschließlich entsprechender Rechentechnik (CAD-Arbeitsplätze)
BMU; GRS, Behörde und TSOs
ab 93
- RF 38 Qualifizierung der im Rahmen des BMU-Investitionsprogrammes gelieferten Werkstoffprüftechnik
BMU; GRS, TÜV, Siemens
96
- RF 39 On-Site Assistance und Twinning, Zusammenarbeit deutscher und russischer KKW
Balakowo-Biblis, Kalinin-Brokdorf, Kola-Emsland, Nowoworonesh-Gundremmingen, Bilibino-Würgassen, Smolensk-Unterweser, Leningrad-Isar-1
Tacis; Betreiber
ab 90

Bereitstellung technischer Ausrüstungen

- RF 40 Bereitstellung technischer Ausrüstungen zur Sicherheitsertüchtigung des KKW Balakowo im Rahmen des BMU Investitionsprogrammes
- Werkstoffprüfmanipulatoren,
- Diagnose- und Überwachungssysteme,
- Brandschutzmaterialien (Dämmschichtbildner, Kabelschottungen),
- Kommunikationstechnik (Funkalarmierungssystem, DV-Technik)
BMU; GRS, Siemens, TÜV, Germanischer Lloyd
95-98
- RF 41 Prototypsysteme des Integrierten Radioaktivitätsüberwachungssystems (IRIS) zur Online-Überwachung der Umweltradioaktivität
BMU; BfS, Dornier, GRS
ab 92
- RF 42 Ausrüstungshilfe für die russischen KKW Leningrad, Kola und Nowoworonesh durch die NSA
NSA

Brennstoffkreislauf und Entsorgung

- RF 43 Sicherheit bei der Entsorgung von radioaktiven Betriebsabfällen aus KKW mit WWER
BMU; WTI, GNS
- RF 44 Technische Studien zur MOX-Produktion aus waffengrädigem Plutonium und sein Einsatz in KKW (Phase 1 bilateral, Phase 2 trilateral)
AA; GRS, Siemens
AA, CEA; deutsche Beteiligung GRS, Siemens
94-97, 98-00

Anlagensicherung

- RF 45 Verbesserung der Anlagensicherung des Institutes für Anorganische Materialien Botschwar
BMU; GRS
95 - 98
- RF 46 Unterstützung der Behörde Gosatomnadsor-RF zu Genehmigungs- und Aufsichtsfragen bei der Anlagensicherung
BMU; GRS
ab 92

Ukraine

Unterstützung der Sicherheitsbehörde

- UKR 1 Bilaterale Unterstützung beim Aufbau der Kommunikationsinfrastruktur der NRAU
BMU; GRS
- UKR 2 Unterstützung der Behörde bei Ausarbeitung von Anforderungen für einen Sicherheitsbericht für KKW mit WWER
BMU; GRS, TÜV, DSR, Siemens
Phase 1 (95-96), Phase 2 (97- 98)
- UKR 3 Technische Unterstützung der Behörde beim Aufbau des Emergency Response Centre (ERC) für Kernkraftwerks- und Umgebungsüberwachung.
BMU; GRS, FZR
95 - 97
- UKR 4 Erfahrungstransfer für die Einführung des Qualitätssicherungssystem ISO-9000
Bilaterale Unterstützung durch **BMU; GRS**
ab 97

- UKR 5 Unterstützung beim Aufbau und bei der Systematisierung der regulatorischen Basis (Seminare, Regulatory Book)
BMU; GRS
ab 93
- UKR 6 Unterstützung der Behörde in regulatorischen Angelegenheiten (Transfer of Nuclear Regulatory Methodology and Practices to the Nuclear Safety Authorities of Ukraine)
Tacis; Behörden und TSOs (Deutsche Beteiligung BMU, GRS, TÜV) Phase 1 (95-97), Phase 2 (97-00)
- UKR 7 Qualitätssicherung im Bereich der Behörde NRAU
Tacis; TÜV
95

Sicherheitsforschung und Entwicklung

- UKR 8 Zusammenarbeit mit dem Wissenschaftlich-Technischen Zentrum, Einarbeitung von Experten in GRS-Rechenprogramme und Nutzung dieser zur Störfallanalyse (ATHLET, RALOC, DRASYS)
BMBF, BMU; GRS, FZR
92 - 98
- UKR 9 Codeübergabe und Einarbeitung in westliche Codes an ukrainische Institutionen "Transfer of Codes for Accident Analysis"
Tacis; TSOs (IPSN, GRS)
96 - 97

Untersuchungen zu Sicherheitsaspekten

- UKR 10 Anleitung von Experten des Wissenschaftlich-Technischen Zentrums auf dem Gebiet reaktorphysikalischer Berechnungen für WWER-Reaktoren, Übergabe von Rechenprogrammen
BMU; GRS, FZR, KAB Berlin, TÜV
95 - 98
- UKR 11 Stellungnahmen, begleitende Arbeiten, Workshops zu verschiedenen Sicherheitsaspekten (Integritätsnachweise; E- und Leittechnik, System- und Störfallanalysen)
BMU; GRS
ab 91
- UKR 12 Analyse der elektrischen Eigenbedarfs- und Notstromversorgung, Störfallinstrumentierung im KKW Rowno
BMU; GRS, ISTec
95 - 96

Sicherheitsbeurteilung von Anlagen

- UKR 13 Sicherheitsbeurteilung für KKW Rowno 1 - 3 und Vorschläge zur Ertüchtigung
Tacis; TSOs (GRS und IPSN, AEA, AVN, ANPA, CIEMAT)
92 - 94
- UKR 14 Technische Unterstützung der Behörde bei Bewertung und Realisierung von Nachrüstprogrammen des KKW Rowno 1 - 3
Tacis; TSOs (IPSN und GRS, ANPA, CIEMAT)
96 - 97
- UKR 15 Technische Unterstützung der Behörde bei Genehmigungsaktivitäten für Fertigbau und Ertüchtigung der KKW Rowno 4 und Chmelnizki 2
Tacis; TSOs (GRS und IPSN, ANPA, AEA)
ab 96

Verbesserung der Betriebssicherheit

- UKR 16 Weiterbildung von Operatoren des KKW Rowno am WWER-440-Simulator in Greifswald
BMU; EWN
91 - 96
- UKR 17 Analyse des Einsatzes von Überwachungsverfahren im KKW Rowno 3
BMU; ABB Reaktor GmbH
92 - 93
- UKR 18 Analyse und Bewertung des Brandschutzkonzeptes im KKW Rowno 3
BMU; Germanischer Lloyd
92 - 93
- UKR 19 Analyse der Organisation des KKW-Betriebes im KKW Rowno und Unterstützung bei der Erarbeitung einer Schichtordnung für die Warte
BMU; FRASER
92 - 93
- UKR 20 Seminare, Trainings- und Prüfprogramme u. a. zu zerstörungsfreien Werkstoffprüfungen
BMU; GRS, FZK, deutsche Betreiber, Behörden und TSOs
ab 92
- UKR 21 Unterstützung bei der Auswertung von Betriebserfahrungen und bei der Verbesserung der Betriebs- und Störfalldokumentation im KKW Rowno
BMU; GRS
ab 91

- UKR 22 Qualifizierung der im Rahmen des BMU-Investitionsprogrammes gelieferten Werkstoffprüftechnik für das KKW Rowno
BMU; GRS, TÜV, Siemens
96
- UKR 23 Project Management Unit für die Unterstützung der Ertüchtigung der im Bau befindlichen KKW Rowno 4 und Chmelniczki 2
Tacis; EdF, Tractebel, IVO
ab 95
- UKR 24 On-site Assistance und Twinning, Zusammenarbeit deutscher mit ukrainischen KKW Saporoshje-GKN, Südukraine-Grohnde, Chmelniczki-Philippsburg, Rowno - Mülheim-Kärlich
Tacis; Betreiber
ab 92

Bereitstellung technischer Ausrüstungen

- UKR 25 Bereitstellung technischer Ausrüstungen zur Sicherheitsertüchtigung des KKW Rowno und des KKW Saporoshje im Rahmen des BMU-Investitionsprogrammes
- Werkstoffprüfmanipulatoren,
 - akustische Lecküberwachung,
 - Brandschutzmaterialien,
 - Kommunikation, Funkalarmierungssystem,
 - Ausrüstung für lokales Krisenzentrum im KKW Saporoshje
- BMU; Siemens, TÜV, ABB, GRS**
95 - 98
- UKR 26 Lieferung von Ersatzteilen für das KKW Rowno 1 - 2, einschließlich eines Generators aus Beständen des KKW Greifswald
BMWi
95

Anlagensicherung

- UKR 27 Unterstützung der Behörde NRAU zu Genehmigung und Aufsichtsfragen bei der Anlagensicherung
BMU; GRS
ab 92

Tschernobyl

- UKR 28 Ermittlung der Strahlenbelastung in den vom Unfall in Tschernobyl betroffenen Gebieten
BMU; FZJ

- UKR 29 Bewertung des bautechnischen Sicherheitszustandes des Sarkophags und des Zustandes des zerstörten Reaktors hinsichtlich der Möglichkeit einer Rekritikalität
BMU; GRS
ab 86
- UKR 30 Unterstützung bei der Erstellung von Regeln und Gutachten zum Shelter, u. a. zum Sicherheitsbericht für den Status und zur Prognose der Sicherheit des Shelters
BMU; GRS
95 - 98
- UKR 31 Deutsch-Französische Initiative zur Qualifizierung sicherheitsrelevanter Daten zum Sarkophag sowie zu radioökologischen und medizinischen Unfallfolgen
BMU; VDEW, EdF, GRS, IPSN
97 - 99
- UKR 32 Establishment of safety objectives and design criteria for improving the "Shelter" site stability for the new shield
Tacis; TSOs (IPSN, GRS)
96
- UKR 33 Support to Ukrainian NRA for the licensing activity related to the decommissioning and waste management at Chernobyl NPP 1 - 3
Tacis; TSOs (GRS, IPSN, SIP)
97 - 98
- UKR 34 Assistance to NRA in the preparation of the Shelter Implementation Plan
Tacis; TSOs (IPSN, GRS, ukr. SSTC)
97 - 98
- UKR 35 Erarbeitung des „Shelter Implementation Plan“
Tacis; Trischler & Partner
96 - 97

Armenien

Unterstützung der Sicherheitsbehörde

- AR 1 Unterstützung der Behörde in regulatorischen Angelegenheiten (Transfer of Nuclear Regulatory Methodology)
Tacis; Behörden und TSOs (deutsche Beteiligung BMU, GRS)
ab 98

Untersuchungen zu Sicherheitsaspekten

- AR 2 Untersuchungen zu Auswirkungen von Netzininstabilitäten auf die Sicherheit des KKW Medsamor 2
Tacis; ISTec
97

Sicherheitsbeurteilung von Anlagen

- AR 3 Technische Unterstützung der Behörde bei Bewertung und Umsetzung von Maßnahmen zur Sicherheitsertüchtigung des KKW Medsamor 2
Bewertung des vom Betreiber vorgelegten Modernisierungsprogramms
Tacis; TSOs, (GRS, AEA, AVN, IPSN)
ab 97

Verbesserung der Betriebssicherheit

- AR 4 Unterstützung bei Ausarbeitung und Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebssicherheit im KKW Medsamor 2
Ausbildung von Inspektoren, Trainings und Prüfprogramme, Struktur und Inhalt der Betriebshandbücher
Tacis; Behörden und TSOs
ab 97

Bereitstellung technischer Ausrüstungen

- AR 5 Vorbereitung der Lieferung von Ersatzteilen aus Beständen des KKW Greifswald, Teil eines industrieseitigen Tacis-Projekts zur Bereitstellung technischer Ausrüstungen für das KKW Medsamor 2
Tacis
97

Bulgarien

Unterstützung der Sicherheitsbehörde

- BG 1 Unterstützung der Behörde in regulatorischen Angelegenheiten (Transfer of Nuclear Regulatory Methodology)
Phare; Behörden und TSOs
ab 92
- BG 2 Unterstützung der Behörde bei der Ausarbeitung von Anforderungen für einen Sicherheitsbericht für das KKW Kosloduj 3 - 4
Phare; TSOs (GRS, AEA, ANPA)
97 - 98

Sicherheitsforschung und Entwicklung

- BG 3 Zusammenarbeit mit dem Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy (INRNE), Sofia, Einarbeitung von Experten in GRS-Rechenprogramme zur Störfallanalyse (ATHLET u. a.)
BMBF; GRS
97 - 00

Untersuchungen zu Sicherheitsaspekten

- BG 4 Anleitung von Experten der Behörde und der Akademie der Wissenschaften auf dem Gebiet reaktorphysikalischer Berechnungen für WWER-Reaktoren, Übergabe von Rechenprogrammen
BMU; GRS, KAB Berlin, FZR
95
- BG 5 Begleitende Arbeiten zum Integritätsnachweis für den RDB des KKW Kosloduj 1
Phare; GRS
95 - 97

Sicherheitsbeurteilung von Anlagen

- BG 6 Technische Unterstützung der Behörde bei Bewertung und Realisierung von Nachrüstprogrammen zur Sicherheitsertüchtigung des KKW Kosloduj 1- 6, u. a.
Phare; TSOs (GRS, IPSN, AEA, AVN)
ab 91

Verbesserung der Betriebssicherheit

- BG 7 Unterstützung bei Ausarbeitung und Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebssicherheit im KKW Kosloduj, Ausbildung von Inspektoren, Trainings- und Prüfprogramme, Struktur und Inhalt der Betriebshandbücher
Phare; Behörden und TSOs
ab 91

Bereitstellung technischer Ausrüstungen

- BG 8 Bereitstellung technischer Ausrüstungen zur Sicherheitsertüchtigung des KKW Kosloduj 3 - 4 für den befristeten Weiterbetrieb
NSA
95 - 96
- BG 9 Lieferung von Ersatzteilen an das KKW Kosloduj 1- 4 aus Beständen des KKW Greifswald
BMWi

Kasachstan

Unterstützung der Sicherheitsbehörde

- KA 1 Unterstützung der Behörde in regulatorischen Angelegenheiten (Transfer of Western Regulatory Methodology)
Tacis; *Behörden und TSOs (deutsche Beteiligung BMU, GRS)*
in Vorbereitung

Litauen

Unterstützung der Sicherheitsbehörde

- LI 1 Regulatorische und organisatorische Unterstützung der Behörde (VATESI) und ihrer Sachverständigenorganisation (ISAG)
BMU; GRS, TÜV
ab 93
- LI 2 Unterstützung der Behörden in regulatorischen Angelegenheiten (Transfer of Nuclear Regulatory Methodology)
Phare; *Behörden und TSOs (deutsche Beteiligung BMU, TÜV)*
ab 96

Untersuchungen zu Sicherheitsaspekten

- LI 3 Reaktordynamische Berechnungen, Störfallanalysen für den Reaktorkühlkreislauf und zum Confinement, Bereitstellung deutscher Rechenprogramme (ATHLET, RALOC, u. a.)
BMU; GRS
ab 93
- LI 4 Ausbildung litauischer Experten zu ausgewählten Themen der Genehmigungs- und Aufsichtspraxis (Wiederkehrende Prüfungen, Strahlenschutz, Notfallschutzplanung)
BMU; TÜV
ab 93

Sicherheitsbeurteilung von Anlagen

- LI 5 Bewertung des Sicherheitsberichts für das KKW Ignalina 1 - 2 (Ignalina Safety Review)
NSA; *TSOs (GRS, AEA, ANPA, IPSN, ISAG, RRCKI, SCIEN-TECH)*,
95 - 97

Bereitstellung technischer Ausrüstungen

- LI 6 Bereitstellung technischer Ausrüstungen zur Sicherheitsertüchtigung des KKW Ignalina 1 - 2
NSA
94 -96

Rumänien

Unterstützung der Sicherheitsbehörde

- R 1 Unterstützung der Behörde in regulatorischen Angelegenheiten (Transfer of Nuclear Regulatory Methodology)
Phare; Behörden und TSOs (deutsche Beteiligung **BMU, GRS)**
ab 97

Slowakei

Sicherheitsforschung und Entwicklung

- SK 1 Einarbeitung slowakischer Experten in deutsche Rechenprogramme für Störfallanalysen (ATHLET, RALOC, DRASYS)
BMBF; *GRS*
97 - 00

Untersuchungen zu Sicherheitsaspekten

- SK 2 Vertiefende Sicherheitsuntersuchungen für WWER-440/W-213 (Störfallanalysen und Komponentenintegrität)
BMU; *GRS, FZR*
95 - 98

Sicherheitsbeurteilung von Anlagen

- SK 3 Technische Unterstützung der Behörde zur Sicherheitsbeurteilung für das KKW Mochovce 1 - 2
Phare; TSOs (*IPSN, GRS*)
93 - 95
- SK 4 Technische Unterstützung der Behörde zur Sicherheit des KKW Mochovce 1 - 2 (Inbetriebnahme, Implementierung von Nachrüstmaßnahmen)
Phare; TSOs (*GRS, IPSN, ANPA, CIEMAT*)
98 - 99

Slowenien

Unterstützung der Sicherheitsbehörde

- SR 1 Unterstützung der Behörde in regulatorischen Angelegenheiten (Transfer of Nuclear Regulatory Methodology)
Phare; *Behörden und TSOs (deutsche Beteiligung BMU)*
97

Tschechien

Sicherheitsforschung und Entwicklung

- TS 1 Zusammenarbeit mit dem Nuclear Research Institute (NRI), Übergabe von GRS-Rechenprogrammen und Durchführung von Störfallanalysen (ATHLET, RALOC, DRASYS)
BMBF; GRS
ab 94

Untersuchungen zu Sicherheitsaspekten

- TS 2 Untersuchungen zum Druckabbau über Naßkondensation in Anlagen WWER-440/W-213 (Bubble Condenser Qualification)
Phare
- TS 3 Untersuchungen zur Begrenzung von Schadensfolgen bei schweren Störfällen für Anlagen WWER-440/W-213 (Severe accident mitigation)
Phare

Sicherheitsbeurteilungen von Anlagen

- TS 4 Arbeiten zum gemeinsamen deutsch-tschechischen Bericht zur Sicherheit der Anlagen Isar-2 (Konvoi) und Temelin (WWER-1000) im Auftrag der deutsch-tschechischen Kommission
BMU; GRS, TÜV
96 - 97
- TS 5 Untersuchungen zum Sicherheitsstatus des KKW Temelin (WWER-1000) unter Berücksichtigung bereits erfolgter bzw. noch zu realisierender Ertüchtigungsmaßnahmen
BMU, BStMLU; GRS
ab 96
- TS 6 Technische Unterstützung der Behörde zur Sicherheitsbeurteilung des KKW Temelin im Rahmen des Genehmigungsverfahrens (Licensing related assessment)
Phare; TSOs
in Vorbereitung

Ungarn

Sicherheitsforschung und Entwicklung

- UNG 1 Zusammenarbeit mit dem Atomic Research Institute Budapest, Einführung und Anwendung des GRS-Rechenprogramms ATHLET zur Störfallanalyse (Reaktorkühlkreis) für das KKW Paks, Kopplung mit ungarischem 3D-Kernmodul KYK03D (Reaktorphysik)
BMBF; GRS
ab 94

Untersuchungen zu Sicherheitsaspekten

- UNG 2 Technische Unterstützung der Behörde zur Einführung der Digitalen Sicherheitsleittechnik im KKW Paks (WWER-440/W-213)
BMU; ISTec
97 - 98
- UNG 3 In Zusammenarbeit mit dem AERI Atomic Research Institute Budapest Durchführung von Störfallanalysen für WWER-440/W-213 (Paks)
Phare; TSOs
in Vorbereitung

Sicherheitsbeurteilung von Anlagen

- UNG 4 Technische Unterstützung der Behörde zur Sicherheitsbeurteilung des KKW Paks (Licensing related assessment of design and operational safety)
Phare; TSOs
in Vorbereitung

Weißrußland

Unterstützung der Sicherheitsbehörde

- WR 1 Unterstützung der Behörde in regulatorischen Angelegenheiten (Transfer of Nuclear Regulatory Methodology)
Tacis; Behörden und TSOs (deutsche Beteiligung BMU, GRS)
ab 96

Glossar

AA	Auswärtiges Amt
ABB	Asea Brown Boverie A.G., Schweiz
AEA-T (AEA)	Atomic Energy Authority Technology, Großbritannien
AECL	Atomic Energy of Canada Ltd., Kanada
AEP	Atomenergoprojekt Moskau, Rußland
AEPStP	Atomenergoprojekt St. Petersburg, Rußland
AERI	Atomic Energy Research Institute, Ungarn
AGNES	Advanced General and New Evaluation of the Safety (Neue Sicherheitsbewertung für Paks)
AM	Accident Management
ANPA	Agencia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Italien
ANRA	Armenian Nuclear Regulatory Authority
ASSET	Assessment of Safety Significant Events Team(s), IAEA
ATHLET	GRS-Rechenprogramm zur Störfallanalyse
ATHLET-CD	GRS-Rechenprogramm zur Störfall- und Unfallanalyse
ATLAS	GRS-Simulatorprogramm zur Visualisierung von Rechenergebnissen (z. B. für das Rechenprogramm ATHLET)
ATWS	Anticipated Transient without SCRAM
AVN	Association Vinçotte Nucléaire, Belgien
BETA	Versuchsanlage im Forschungszentrum (FZK) Karlsruhe
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BHB	Betriebshandbuch
BIPR-8	Rechenprogramm des RRCKI, 3-D-Kernmodell für WWER-Reaktoren
BMBF	Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft

BN-350	Natriumgekühlter Brutreaktor 350 MW
BN-600	Natriumgekühlter Brutreaktor 600 MW
BNSA	Bulgarian Nuclear Safety Authority
Botschwar	Russisches Institut für Kernmaterialforschung
BStMLU	Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
CANDU	Kanadischer schwerwassermoderierter und -gekühlter Reaktor
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique, Frankreich
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energeticas, Medioambientales y Technologicas, Spanien
CMS	Russischer Rechencode des VNIAES zur Simulierung des Sekundärkreises eines WWER-1000/W-320
CONCERT	Concertation on European Regulatory Tasks
CORA	Versuchsanlage im Forschungszentrum (FZK) Karlsruhe
CSF	Chernobyl Shelter Fonds
CSNI	Committee on the Safety of Nuclear Installations
DFI	Deutsch-Französische Initiative zum Themenkreis Sicherheit des Sarkophags, radioökologische und gesundheitliche Folgen des Reaktorunfalls in Tschernobyl
DRASYS	GRS-Rechenprogramm zur Störfallanalyse
DSR	Gesellschaft für Dekontaminierung, Sanierung, Rekultivierung mbH
DWR	Druckwasserreaktor
EA	Empresarios Agrupados, Spanien
EBP	Extrabudgetary Programme der IAEA
EBWE	Europäische Bank für Wiederaufbau und Entwicklung, London
EdF	Electricité de France
ECU	European Currency Unit
EIB	European Investment Bank, Luxemburg

ENAC	European Nuclear Assistance Consortium
EPG-6	Graphitmoderierter Druckröhrenreaktor 12 MW
ES	ES-Konsult, Schweden
EU	Europäische Union
EWIV	Europäische wirtschaftliche Interessenvereinigung
EWN	Energiewerke Nord GmbH
FD	Frischdampf
FIPLOC	GRS-Rechenprogramm zum Spaltproduktverhalten
FZJ	Forschungszentrum Jülich
FZK	Forschungszentrum Karlsruhe
FZR	Forschungszentrum Rossendorf
G7	Gruppe der sieben führenden Industrienationen (USA, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Kanada, Japan, Italien, Beobachterstatus EU)
G8	Gruppe der acht führenden Industrienationen (USA, Rußland, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Kanada, Japan, Italien, Beobachterstatus EU)
G24	Gruppe der 24 wirtschaftlich entwickelten OECD-Staaten (Australien, Belgien, Dänemark, Finnland, Griechenland, Irland, Island, Luxemburg, Neuseeland, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Türkei und die G-7-Staaten)
GAN-RF	Gosatomnadsor, Rußland
GBdsB	Grenzwerte der Bedingungen des sicheren Betriebes (Teil des BHB von KKW sowjetischer Bauart)
GKN	Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar GmbH
GNS	Gesellschaft für Nuklearservice mbH
Gosatomnadsor	Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde der Russischen Föderation, Rußland
Goskomekologija	Komitee für Ökologie der russischen Föderation
GSF	GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, München

GW	Gigawatt
HAEC	Hungarian Atomic Energy Commission, Ungarn
HKL	Hauptkühlmittelleitung
HKP	Hauptkühlmittelpumpe
IAEA	International Atomic Energy Agency, Wien
IBRAE	Forschungsinstitut der russischen Akademie für die sichere Entwicklung der Kernenergie
IBWE	Internationale Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (Weltbank), Washington D.C.
INES	International Nuclear Event Scale (Bewertungsskala der IAEA zur Einteilung von Vorkommnissen in kerntechnischen Anlagen)
INPO	Institute of Nuclear Power Operations
INPP	Ignalina Nuclear Power Plant, Litauen
INSAG	International Nuclear Safety Advisory Group
IPPE Obninsk	Physikalisch-energetisches Institut Obninsk, Rußland
IPSN	Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, Frankreich
IRS	Incident Reporting System
ISAG	Ignalina Safety Analysis Group (Litauische Sachverständigenorganisation)
ISB-WWER	Integrale Sicherheits-Versuchsanlage für WWER
ISCC	International Scientific Center Chernobyl, Ukraine
ISTec	Institut für Sicherheitstechnologie GmbH, Garching
ISP	International Standard Problem
IVO	Imatran Voima Oy, Finnland
KAB	Kraftwerks- und Anlagenbau, Berlin
KKW	Kernkraftwerk
Kurtschatow-Institut	Russisches Kernforschungszentrum, Moskau
MECU	Millionen ECU
Minatom	Ministerium für Atomenergie und Industrie der Russischen Föderation

MOE	Mittel- und osteuropäische Staaten (Albanien, Bosnien-Herzegowina, Bulgarien, Estland, Jugoslawien, Kroatien, Lettland, Litauen, Makedonien, Polen, Rumänien, Slowakei, Slowenien, Tschechien, Ungarn)
MoU	Memorandum of Understanding on the Closure of the Chernobyl Nuclear Power Plant
MW	Megawatt
NEA	Nuclear Energy Agency of the OECD
NIKIET	Kerntechnisches Forschungs- und Konstruktionsinstitut, Rußland
NRAU	Nuclear Regulatory Authority, Ukraine
NRI	Nuclear Research Institut, Rez, Tschechien
NSA	Nuclear Safety Account (Nuklearer Sicherheitsfonds bei der EBWE)
NSWG	Nuclear Safety Working Group Arbeitsgruppe Nukleare Sicherheit der G7
NUS	Neue Unabhängige Staaten (Nachfolgestaaten der Sowjetunion ohne baltische Staaten) (Armenien, Aserbaidschan, Georgien, Kasachstan, Kirgisien, Moldawien, Russische Föderation, Tadschikistan, Turkmenistan, Ukraine, Usbekistan, Weißrußland)
NUSAC	Nuclear Safety Assistance Coordination
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OKBM	Experimentelles Konstruktionsbüro Maschinenbau, Nishnij Nowgorod, Rußland
OKB GP	Experimentelles Konstruktionsbüro Hidropress Podolsk, Rußland
OSART	Operational Safety Review Team, IAEA
Osteuropa	In diesem Bericht wird Osteuropa als Gesamtbezeichnung für alle mittel- und osteuropäischen Staaten und die europäischen NUS-Länder verwendet
PACTEL	Parallel Channel Test Loop, Finnland
Phare	Poland and Hungary Aid for Reconstruction of the Economy, Unterstützungsprogramm der EU für MOE
PMK-2 Anlage	Ungarische Versuchsanlage für WWER

Promatomnadsor	Weißrussische Sicherheitsbehörde
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSAR	Preliminary Safety Analysis Report
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
QUABOX/CUBBOX-HYCA	GRS-Rechenprogramm für Kernberechnungen
RALOC	GRS-Rechenprogramm zur Störfall- und Unfallanalysen
RAMG	Regulatory Assistance Management Group
RASPLAV	OECD-Projekt zur Untersuchung von Kernschmelzphänomenen, RRCKI, Rußland
RBMK	Reaktor Bolschoi Moschtschnosti Kanalny (Kanalreaktor großer Leistung)
RDB	Reaktordruckbehälter
REA	Rosenergoatom, Betreiberkonzern Rußland
RESA	Reaktorschnellabschaltung
RISKAUDIT	Gemeinsame Gesellschaft von GRS und IPSN, Paris
RF	Russische Föderation
RRCKI	Russian Research Center Kurchatov Institute
RSR	Review of Safety Analysis Report
SAR	Safety Analysis Report
SCIENTEC	SCIENTEC, Inc. USA
SECNRS	Wissenschaftlich-technisches Zentrum für Reaktorsicherheit und Strahlenschutz (Sachverständigenorganisation des Gosatomnadsors RF)
SEP	Slowakische Betreiberorganisation
SIP	Shelter Implementation Plan bzw. Swedish International Project Nuclear Safety
SONS	State Office for Nuclear Safety, Tschechien
SSTC	Staatliches Wissenschaftlich-Technisches Institut (Sachverständigenorganisation der NRA Ukraine)
STEPAN	Rechenprogramm, 3D-Kernmodell für RBMK-Reaktoren

STUK	Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, Finnland
SVUSS	Forschungsinstitut in Prag-Behovice
SWR	Siedewasserreaktor
Tacis	Technical Assistance for the Commonwealth of the Independent States, Unterstützungsprogramm der EU für NUS
TPEG	Twinning Programme Engineering Group
TRACTEBEL	Tractebel Energy Engineering, Brüssel
TSO	Technical Safety Organisation (Technische Sicherheitsorganisation)
TSOG	Technical Safety Organisation Group
TÜV	Technischer Überwachungs-Verein
VATESI	Lithuanian Nuclear Power Safety Inspectorate
VDEW	Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke, Frankfurt am Main
VNIIAES	Forschungsinstitut für Kernkraftwerke, Moskau, Rußland
VNIIEF	Forschungsinstitut der Elektrophysik (Arsamas-16), Rußland
VNIITF	Forschungsinstitut der Wärmephysik (Tscheljabinsk-70), Rußland
VTT	Technical Research Centre, Finnland
WANO	World Association of Nuclear Operators
WKP	Wiederkehrende Prüfungen
WTI	Wissenschaftlich-Technische Ingenieurberatung GmbH, Jülich
WTZ	Wissenschaftlich-Technische Zusammenarbeit
WWER	Wodo-Wodjanoi Energetitscheski Reaktor (Wasser-Wasser Energiereaktor)
ZUGRES	Ukrainische Versuchsanlage

**Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit
(GRS) mbH**

Schwertnergasse 1
50667 Köln
Telefon (02 21) 20 68 - 0
Telefax (02 21) 20 68 - 888

Forschungsgelände
85748 Garching b. München
Telefon (089) 32 00 4 - 0
Telefax (089) 32 00 4 - 599

Kurfürstendamm 200
10719 Berlin
Telefon (030) 88 58 9 - 0
Telefax (030) 88 58 9 - 111

Theodor-Heuss-Straße 4
38122 Braunschweig
Telefon (0531) 80 12 - 0
Telefax (0531) 80 12 - 200

Büro Moskau
ul. Pechotnaja 32-1
123182 Moskau
Telefon: 007 - 095 - 196 23 11
Telefax: 007 - 095 - 947 62 01

Büro Kiew
Prospekt Nauki 47
252058 Kiew
Telefon: 0038 - 044 - 265 10 84
Telefax: 0038 - 044 - 265 71 52