

Jahresbericht 2010/11

Impressum

Herausgeber

Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
Abteilung Kommunikation
Leitung: Sven Dokter

Redaktion

Verena Güllmann, Horst May

Lektorat

Verena Güllmann, Sabine Roggenkämper

Grafische Umsetzung

Dieter Komp

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit Genehmigung der
Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
Schwertnergasse 1, 50667 Köln

Inhaltsverzeichnis

1 Vorwort	1
2 Meilensteine 2010/11	3
3 Organisation, Unternehmensentwicklung, Öffentlichkeitsarbeit ...	10
4 Der Reaktorunfall in Fukushima	19
5 Projekte und Arbeitsschwerpunkte	
5.1 Reaktorsicherheit	24
Codeentwicklung	
Schaffung eines Handbuchs für Störfallanalysen deutscher Kernkraftwerke	
»Stresstest« für Kernkraftwerke in Deutschland und der EU	
Strukturmechanische Simulationen unter hochdynamischen Lastannahmen	
Untersuchungen, Stellungnahmen, Weiterleitungsnachrichten	
Weiterentwicklung der Probabilistischen Sicherheitsanalysen	
5.2 Entsorgung	35
Selbstverheilender Salzversatz	
Vergleich von Endlagersystemen in unterschiedlichen Wirtsgesteinen	
Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben	
5.3 Strahlenschutz	40
Abklinglagerung von Großkomponenten aus dem Rückbau von Kernkraftwerken	
Transport radioaktiver Stoffe	
5.4 Umweltschutz	45
Geothermie	
Studie zur CO ₂ -Tiefenlagerung	
Studie zu quecksilberhaltigen Produkten in Entwicklungs- und Transformationsländern	
Workshop zur Untertagedeponierung chemisch-toxischer Abfälle	

5.5 Internationale Projekte	50
Arbeiten für die finnische Anlage Loviisa	
Störfallanalyse für die britische Health and Safety Executive	
Bewertung neuer Reaktorkonzepte	
Tschernobyl-Projekte im Auftrag der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung	
Unterstützung der niederländischen Behörde VROM-KFD	
G8-Globale Partnerschaft: Projekte zum Physischen Schutz	
5.6 Personal und Recht	57
6 Projektträger/Behördenunterstützung	59
7 Beteiligungen und Tochterunternehmen	61
Institut für Sicherheitstechnologie GmbH	
Riskaudit	
ENSTTI	
8 Anhang	65
Abkürzungsverzeichnis/Glossar	
Kooperationsabkommen	

Liebe Leserin, lieber Leser,

Jahresberichte dienen dazu, der Leserschaft einen Überblick darüber zu verschaffen, was eine Organisation im betreffenden Zeitraum erreicht, wie sie sich entwickelt und was sie bewegt hat. Hätten wir dazu nur ein Wort zur Verfügung, so wäre es, wenig überraschend: Fukushima.

Der Unfall und seine Folgen beschäftigen die GRS bis heute in vielfältiger Weise. An erster und sicherlich prominentester Stelle stehen dabei unsere Aufgaben zur Unterstützung des Bundesumweltministeriums in den ersten Tagen und Wochen des Unfalls. Die Arbeit unseres Notfallstabs hat uns in fachlicher, aber auch organisatorischer und vor allem kommunikativer Hinsicht in bislang nicht gekanntem Maß gefordert. Dass die GRS für ihre Information der Bundesregierung und der Öffentlichkeit viel Anerkennung erfahren hat, ist vor allem das Verdienst der vielen Kolleginnen und Kollegen, die hier mit Sachverstand und großem Engagement – in den ersten Tagen rund um die Uhr – tätig waren. Großes Engagement war auch erforderlich bei der Unterstützung der Reaktor-Sicherheitskommission im Zuge des sogenannten »Stresstests« der deutschen Kernkraftwerke, der im Mai 2011 fertiggestellt wurde. Fast nahtlos an diese Arbeiten schlossen sich die Aktivitäten im Rahmen des europäischen Stresstests und der Start mehrerer Forschungsprojekte zu Fukushima an. Und neben der fachlichen Arbeit befassen wir uns intensiv damit, unsere eigenen Lehren zu ziehen und umzusetzen. Den Schwerpunkt bildet dabei eine infrastrukturelle und organisatorische Neukonzeption unseres Notfallzentrums.

Die intensive Beschäftigung mit dem Unfall von Fukushima hat uns aber nicht daran gehindert, auch in anderen Arbeitsfeldern erfolgreich an wissenschaftlich anspruchsvollen und relevanten Themen zu arbeiten. Im Bereich der nuklearen Entsorgung haben wir beispielsweise in dem in 2010 abgeschlossenen Projekt VerSi die Entwicklung von Methoden zum Vergleich möglicher Endlagerstandorte in unterschiedlichen Wirtsgesteinen maßgeblich vorangetrieben. Mit der »Vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben« haben wir im selben Jahr zusammen mit zahlreichen Partnern ein Forschungsvorhaben gestartet, in dem unter anderem erstmalig Methoden zur Nachweisführung auf der Grundlage der neuen Sicherheitsanforderungen für die Endlagerung zur Anwendung kommen. Beide Projekte liefern wichtigen wissenschaftlichen Input für die Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle. Von hoher praktischer Relevanz für die Stilllegung ist zum Beispiel ein Projekt aus dem Bereich des Strahlenschutzes. Hier ist es zusammen mit Forschungspartnern gelungen, ein Programm zu entwickeln, mit dem sich die sogenannte Abklinglagerung von Großkomponenten aus dem Rückbau von Kernkraftwerken optimieren lässt.



Prof. Dr. Frank-Peter Weiß
Technisch-wissenschaftlicher
Geschäftsführer



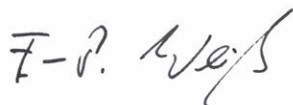
Hans J. Steinhauer
Kaufmännisch-juristischer
Geschäftsführer

Die stetige inhaltliche und unternehmerische Weiterentwicklung der GRS wird zum einen an unseren internationalen Aktivitäten deutlich. Neben den langjährigen fachlichen Kooperationen mit Fachorganisationen auf der ganzen Welt und zahlreichen internationalen Projekten im Auftrag der Bundesregierung gewinnen hier auch zunehmend Vorhaben an Bedeutung, die wir unmittelbar für ausländische Behörden bearbeiten. Die in diesem Bericht vorgestellten Projekte für die Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden Großbritanniens und der Niederlande stehen als Beispiele für das Vertrauen ausländischer Kunden in die Kompetenz und Leistungsfähigkeit der GRS.

Zum anderen ist die GRS mit einer Reihe von neuen Projekten im Bereich des Umweltschutzes auf dem Weg, sich ein neues Arbeitsfeld zu erschließen, dem wir in diesem Bericht ein eigenes Kapitel widmen. Neben Forschungsarbeiten zu Schadstoffen wie Quecksilber oder dem Klimagas CO₂ legen wir hier perspektivisch den Schwerpunkt auf Forschung und Entwicklung zu Fragen der Sicherheit und Zuverlässigkeit erneuerbarer Energien. Exemplarisch hierfür stellen wir Ihnen mit GeoSys und GeoDat zwei aktuelle Projekte zur Geothermie vor. Gefördert durch das Bundesumweltministerium wird hier die geothermale Energiegewinnung einer interdisziplinären Systemanalyse unterzogen, die geologische, technische und ökologische Aspekte ebenso einbezieht wie die einschlägigen rechtlichen Bestimmungen. Ziel ist dabei, Fortschritte und Handlungsbedarf aufzuzeigen und damit einen Beitrag zur Steigerung der Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen zu leisten.

Wir hoffen, dass wir mit diesem kurzen Überblick Ihre Neugier auf die folgenden Seiten geweckt haben. Sollten Sie darüber hinaus noch mehr über die GRS erfahren wollen, dann möchten wir Ihnen unsere [Website](#) und – auch das ist eine Neuigkeit aus 2011 – unsere Kanäle auf [Twitter](#) und [Facebook](#) empfehlen.

Eine informative und spannende Lektüre wünschen Ihnen



Prof. Dr. Frank-Peter Weiß



Hans J. Steinhauer

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

2010

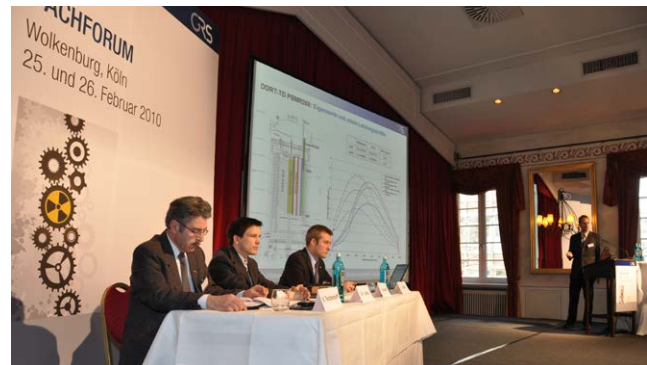
Januar

Die GRS startet mit 445 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in das Jahr, das mit einer Umstrukturierung beginnt: Die Abteilung Projektmanagement wird aufgrund der wachsenden Anzahl internationaler Projekte in die beiden neuen Abteilungen Nationales Projektmanagement und Internationales Projektmanagement aufgliedert. Im Bereich Reaktorsicherheitsanalysen wird die neue Abteilung Anlagenkonzepte eingerichtet.

Februar

Die GRS veröffentlicht die Transportstudie Konrad zu möglichen radiologischen Auswirkungen von Transporten radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad. Die Studie findet in den Medien große Beachtung und wird u. a. bei einer Sitzung des Stadtrats in Salzgitter der Öffentlichkeit vorgestellt.

Am 26. und 27. Februar findet die Tagung »GRS Fachforum« in Köln statt und zieht 160 Fachleute aus ganz Deutschland an



(Foto: GRS)

März

Die GRS Akademie läuft auf Hochtouren: Vier Trainees starten ihre einjährige Ausbildung in der GRS. Am einführenden Weiterbildungsmodul für neue Mitarbeiter/-innen nehmen 60 GRS'ler teil – so viele wie nie zuvor.

Auch der internationale Weiterbildungsmarkt im Bereich der nuklearen Sicherheit nimmt neue Konturen an: Das European Nuclear Safety Training and Tutoring Institute (ENSTTI) wird von den vier Mitgliedern der European Technical Safety Organisations Network (ETSON) aus Frankreich (IRSN), der Tschechischen Republik (UJV), Litauen (LEI) und GRS ins Leben gerufen.



(Foto: GRS)

Der wissenschaftlich-technische Geschäftsführer der GRS, Lothar Hahn, tritt in den Ruhestand und wird vom Bereichsleiter für Reaktorsicherheitsanalysen, Heinz Liemersdorf, abgelöst.

April

Die GRS unterstützt erstmalig den Wettbewerb »Jugend forscht« – mit Erfolg. Die drei Schüler aus Braunschweig belegen beim regionalen Wettbewerb den 1. Platz in der Fachrichtung Chemie. Ein halbes Jahr lang hatten sie zuvor im Geowissenschaftlichen Labor der GRS Experimente zu Viskositätsmessungen an Salzlösungen durchgeführt.

Die inhaltlich und strukturell überarbeitete Website der GRS wird freigeschaltet. Bis Dezember haben sich darauf über 180.000 Besucher über die Arbeit der GRS informiert.



(Foto: GRS)

Mai

Die GRS lockt während der langen Nacht der Wissenschaft auf dem Forschungsgelände in Garching über 300 Besucher an, die sich für die Vorträge über radioaktive Strahlung, Entsorgung radioaktiver Abfälle und den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl interessieren.



(Foto: GRS)

Juni

Die GRS gibt einen Bericht zur Bewertung der unterirdischen Lagerung von CO₂ heraus. Wie in vielen anderen Projekten auch – etwa zur Untertagedeponierung chemisch-toxischer Abfälle oder zur Geothermie – nutzt die GRS hier Wissen und Erfahrung aus ihren Kernarbeitsfeldern zur Bewertung der Sicherheit nicht-nuklearer Technologien.

Juli

Zum zweiten Mal in diesem Jahr verändert sich die Organisationsstruktur der GRS: Der Bereich Anlagenbetrieb entsteht. Zusätzlich werden die beiden Abteilungen Elektro- und Leittechnik und Anlagensicherung geschaffen.



(Foto: GRS)

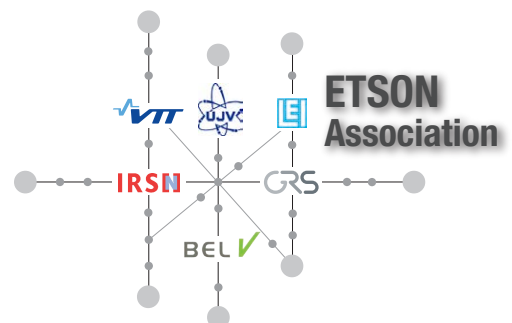
Die ersten Module von *ENSTTI* finden in Garching bei München statt. 20 Teilnehmer aus Europa, Asien, Afrika und Südamerika lernen während der Weiterbildungsveranstaltung von Experten vertiefte Grundlagen der Kerntechnik.

August

Die GRS legt den Grundstein für die vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (*BMU*) geförderten »Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben« (*VSG*). Mit der Studie soll eine Prognose über die Eignung Gorlebens als Endlager für hochradioaktive Abfälle abgegeben werden (inzwischen haben sich Zielsetzung und Rahmenbedingungen der *VSG* geändert. Mehr unter: <http://www.grs.de/vorlaeufige-sicherheitsanalyse-gorleben-vsg>).

September

Während der *ETSON Summer School* in Garching gründen die technischen Sicherheitsorganisationen (*TSO*) aus Deutschland (*GRS*), Frankreich (*IRSN*) und Belgien (*Bel V*), Litauen (*LEI*), Finnland (*VTT*), Slowakei (*VUJE*) sowie der Tschechischen Republik (*UVV*), Japan (*JNES*) und der Ukraine (*SSTC*, assoziiertes Mitglied) die *ETSON Association* nach französischem Recht.



Die neuen Auszubildenden im Bereich Verwaltung sind da. Ab jetzt ist die GRS offiziell ein Ausbildungsbetrieb.

Oktober

Die neu entdeckte Malware »stuxnet« zieht seit den Sommermonaten weltweit das Interesse von Fachwelt und Öffentlichkeit auf sich. Die GRS versendet nach Prüfung der Sachlage eine Weiterleitungsnachricht an alle zuständigen Behörden und Kernkraftwerksbetreiber.

November

Prof. Dr. Frank-Peter Weiß wird neuer wissenschaftlich-technischer Geschäftsführer der GRS und löst Heinz Liemersdorf ab, der in den Ruhestand tritt. Das EUROSAFE Forum wird in Köln ausgerichtet. Mit 430 Teilnehmern bricht die Fachtagung den bisherigen Besucherrekord.



(Foto: GRS)

Zusammen mit dem *BMU* veranstaltet die GRS in Braunschweig einen internationalen Workshop zur untertägigen Deponierung gefährlicher Abfälle. Über 100 Fachleute aus 15 Nationen nehmen teil.



(Foto: GRS)

Dezember

Für das Jahr 2010 können trotz allgemeinen Fachkräftemangels 37 Neueinstellungen verzeichnet werden. Ende 2010 werden die Mitarbeiter der GRS etwa eine halbe Million Arbeitsstunden geleistet, rund 30 Forschungsberichte veröffentlicht und über 400 Projekte bearbeitet haben.

2011

Januar

Die GRS startet mit 449 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern an ihren vier Standorten in Köln, Garching bei München, Braunschweig und Berlin in das Jahr 2011.

Das Behördenseminar »Grundlagen der Sicherung kerntechnischer Anlagen« bildet den Auftakt für neun Weiterbildungsseminare für Behördenmitarbeiter, die in 2011 im Rahmen der GRS Akademie angeboten werden.

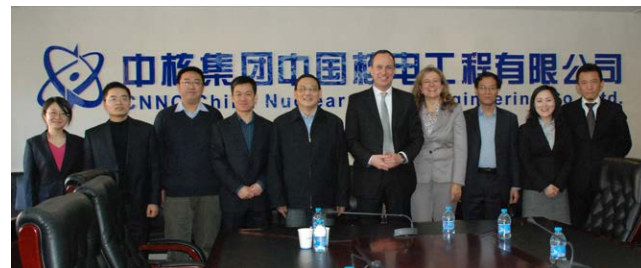
Vertreter der GRS nehmen an der Vollversammlung des European Clearinghouse in Petten, Niederlanden, teil. Das 2008 von der Europäischen Kommission gegründete European Clearinghouse ermöglicht vor allem Ländern mit kleinem Kernenergieprogramm den Zugang zu Erkenntnissen aus der Auswertung internationaler Betriebserfahrung.



Februar

Die GRS veröffentlicht den Tagungsband zum Endlager-Workshop »Grundsatzfragen Hydrogeologie« (GRS-Bericht 264). Auf dem Workshop, der Ende 2009 dazu stattfand, wurden die bisherigen Untersuchungsergebnisse zu den hydrogeologischen Verhältnissen in Norddeutschland diskutiert.

Vertreter der GRS besuchen in China mehrere Forschungsinstitute und die chinesische Sachverständigenorganisation. Dabei werden Kooperationsabkommen unterzeichnet, die u. a. einen Austausch von wissenschaftlichen Rechenprogrammen aus der Reaktorsicherheitsforschung vorsehen.



(Foto: GRS)

März



(Foto: NHK)

Am 11. März 2011 kommt es in Japan zum schwersten Reaktorunglück seit Tschernobyl. Das Notfallteam der GRS beginnt im Auftrag des BMU unmittelbar nach dem Ereignis damit, Informationen zu dem Unfallgeschehen zu sammeln, auszuwerten und Ministerien, Medien und Öffentlichkeit über die Lage vor Ort zu informieren.

Unter der fachlichen Leitung der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) führt die GRS umfangreiche Arbeiten zur Sicherheitsüberprüfung der deutschen Leistungsreaktoren – dem sog. »Stresstest« – durch. Fachleute der GRS koordinieren zu diesem Zweck Prüfteams, denen weitere Experten der Technischen Überwachungsvereine (TÜV) und anderer Gutachtereinrichtungen angehören. Die erste Phase der Sicherheitsüberprüfung wird Anfang Mai abgeschlossen, Mitte Mai veröffentlicht die RSK ihre Bewertung.

Das Traineeprogramm der GRS geht in die dritte Runde: Drei Absolventen werden 12 Monate lang auf das Berufsleben als Gutachter auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit vorbereitet.



April

Am 26. April 2011 jährt sich zum 25. Mal der Reaktorunfall in Tschernobyl. Zu diesem Anlass veröffentlicht die GRS einen Bericht mit Informationen zum Unfall, den Aktivitäten der vergangenen 25 Jahre und dem aktuellen Stand ihrer Projekte am Standort Tschernobyl.

Die GRS nimmt am Girls' Day teil. In Braunschweig erforschen 15 Mädchen das Geowissenschaftliche Labor der GRS.

(Foto: Wikimedia Commons)

Mai

Im Auftrag des *BMU* organisiert die GRS ein Expertentreffen der Internationalen Atomenergieorganisation (*IAEO*) zur Entsorgung radioaktiver Abfälle der Sowjetflotte.

Seit Ende Mai unterstützt die GRS das *BMU* bei der Vorbereitung und Erstellung des Nationalberichtes zum sog. European Stress Test. Am 24. Mai hatte die Europäische Union (*EU*) beschlossen, dass alle Mitgliedsländer ihre Kernkraftwerke einem solchen Stresstest unterziehen. Die Ergebnisse müssen bis zum 31. Dezember 2011 in Form von Nationalberichten vorgelegt werden, die anschließend einer Prüfung (dem sog. Review) durch Experten anderer Nationen unterzogen werden.



(Foto: GRS)

Juni

Am GRS-Standort Garching beginnt der zweite Durchlauf der *ENSTTI*-Weiterbildung. *ENSTTI* wird in den nächsten drei Jahren, von der *EU* gefördert, 36 Wochen Training und 34 Monate Tutoring auf dem Gebiet »Nuclear Safety Assessment and Inspection« anbieten.

Die GRS führt im Rahmen eines Projektes zum Strahlenschutz außerhalb kerntechnischer Anlagen einen Workshop mit Vertretern aus 10 Bundesländern durch.



(Foto: GRS)

Mit der Broschüre »Scientific Codes - Developed and Used at GRS« bietet die GRS dem Fachpublikum einen Überblick über die von ihr entwickelten bzw. genutzten Simulationsprogramme. Der erste Band stellt die Programme aus dem Arbeitsfeld Reaktorsicherheit vor, weitere Bände sollen folgen.

Juli

Die GRS veröffentlicht die ersten Ergebnisse der VSG. Die ETSON-Mitglieder kommen in Köln zu einem Workshop zum Unfall in Fukushima zusammen. Dabei wird die Gründung einer Arbeitsgruppe unter dem Titel »Emergency Preparedness« beschlossen. Ziel ist es unter anderem, die Krisenzentren der ETSON-Mitgliedsorganisationen und der japanischen Sachverständigenorganisation JNES besser zu vernetzen.

Als ETSON-Mitglied beteiligt sich die GRS außerdem an den Vorbereitungen zur Gründung eines TSO-Forums im Januar 2012 bei der IAEA in Wien.

August

Die GRS schließt ein Kooperationsabkommen mit der amerikanischen Energy Research Inc. über die Zusammenarbeit bei Forschung und Bewertung im Bereich der kerntechnischen Sicherheit. Zusammen mit anderen europäischen Forschungseinrichtungen beginnt die GRS die Arbeit an drei Projekten des 7. Forschungsrahmenprogramms der EU.

Junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Mitgliedsorganisationen von ETSON treffen sich im Rahmen des ETSON Junior Staff Programme bei der tschechischen Sachverständigenorganisation UJV in Prag zum Summer Workshop »Lessons learned from the Fukushima NPS accident«.



(Foto: GRS)

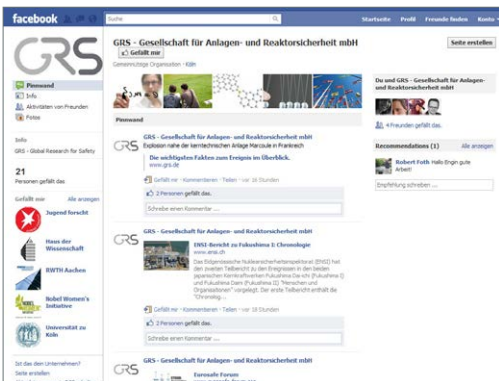
September

Mitglieder der Commission Nationale d'Evaluation, einer Beratungskommission der französischen Regierung zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, besuchen am 21. September die GRS in Braunschweig, um sich mit Fachleuten der GRS über aktuelle Themen der Endlagersicherheitsforschung auszutauschen.

Das niederländische Wirtschaftsministerium beauftragt die GRS mit der Begutachtung des vorläufigen Sicherheitsberichts zu einem geplanten neuen Kernkraftwerk vom Typ European Pressurized Water Reactor (EPR) in den Niederlanden.

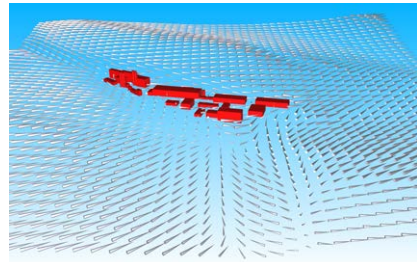
Sechs Monate nach dem Reaktorunfall in Fukushima kommt es in der französischen Nuklearanlage Marcoule zur Explosion eines Verbrennungsofens. Die Medien richten zahlreiche Anfragen zur Einschätzung der Lage an die GRS.

Die GRS ist jetzt bei Facebook mit einem Unternehmensprofil vertreten.



Oktober

Mit einem Workshop in Garching wird ein Forschungsprojekt zur Weiterentwicklung des Ausbreitungsmodells *ARTM* abgeschlossen.



(Abbildung: GRS)

Die GRS nimmt am Tag der offenen Tür des Forschungszentrums Garching teil. Mehr als 300 Interessierte informierten sich über die Arbeitsbereiche der GRS.



(Foto: GRS)

November

Der technisch-wissenschaftliche Geschäftsführer der GRS, Prof. Dr. Frank-Peter Weiß, wird von *IAEO* Generaldirektor Amano in die International Nuclear Safety Group (*INSAG*) berufen. Das Expertengremium erarbeitet Einschätzungen und Empfehlungen zu aktuellen und neu auftretenden Fragen der kerntechnischen Sicherheit.

In Paris findet das *EUROSAFE* Forum statt. Die von der französischen Sachverständigenorganisation *IRSN*, GRS und der belgischen *BelV* ausgerichtete Fachveranstaltung steht 2011 unter dem Titel »Nuclear safety: new challenges, gained experience and public expectations« und zieht mehr als 450 Teilnehmer an.



(Foto: GRS)

Der TÜV Rheinland bescheinigt der GRS beim jährlichen Qualitätsmanagement-Audit u. a. ein vorbildliches Schulungs- und Weiterbildungsangebot und eine professionelle Weiterentwicklung des Qualitätsmanagement-Systems.

Mit der US-amerikanischen Aufsichts- und Genehmigungsbehörde *NRC* schließt die GRS ein Implementation Agreement über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Reaktorsicherheitsforschung ab.



Dezember

Ende des Jahres veröffentlicht die GRS ihren ersten Forschungsbericht zum Reaktorunglück in Fukushima.

Die GRS blickt auf ein arbeitsreiches Jahr zurück: Mehr als 475.000 Stunden wurden geleistet, mehr als 400 Projekte bearbeitet und über 70 Publikationen veröffentlicht. In das Jahr 2012 wird die GRS mit 447 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern starten.

Die GRS auf einen Blick

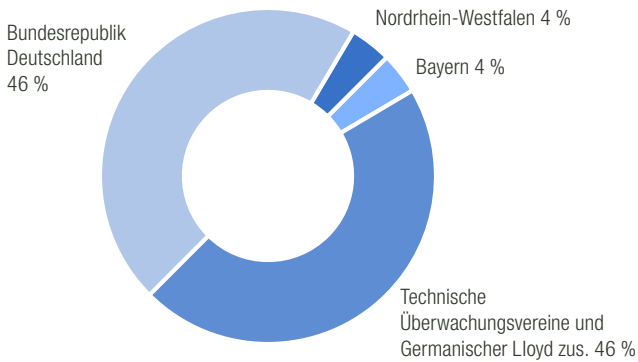
→ Als gemeinnützige Sachverständigenorganisation auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit, des Strahlenschutzes und der Entsorgung ist es die Aufgabe der GRS, Fähigkeiten auf diesen Gebieten aufrechtzuerhalten, Sachverhalte auf der Basis des national und international verfügbaren Standes von Wissenschaft und Technik wissenschaftlich zu beurteilen und weiterzuentwickeln.



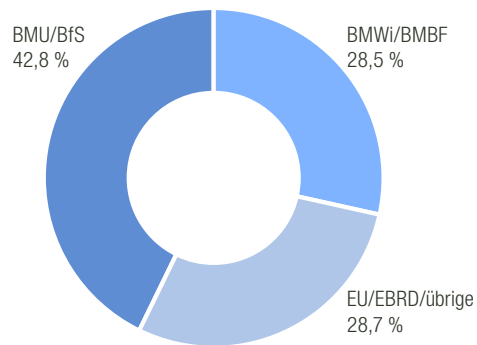
(Foto: © iStockphoto/Nikada)

	2010	2011
Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	450	446
davon technisch-wissenschaftliches Personal	355	350
Anzahl Neueinstellungen	37	24
Trainees	5	3
Auszubildende	2	2
Jahresumsatz	52,92 Mio. €	57,17 Mio. €
Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit	2,98 Mio. €	2,87 Mio. €
Projekte im Rahmen der Forschungs-, Entwicklungs- und Gutachtertätigkeit, die die GRS bearbeitet hat	398	412
Publikationen	64	74
davon:		
GRS-A-Berichte (ohne VS-vertraulich)	53	60
GRS-Berichte	9	10
Eurosafe Tribune (gemeinsam mit IRSN)	2	2
Einzelchriften (Codebroschüre, 25 Jahre Tschernobyl)	–	2
Webauftritt		
Einzelne Seitenaufrufe auf www.grs.de	349.298	2,75 Mio.
Einzelne Seitenaufrufe auf www.fukushima.grs.de (ab 30.03.2011)	–	2,64 Mio.
Presseanfragen aus Print, TV und Hörfunk	> 130	> 700
Weiterleitungsnachrichten	7	8
Ergänzende Weiterleitungsnachrichten	1	1

Gesellschafter



Auftraggeber (2011)



Organe

/// Gesellschafterversammlung

/// Aufsichtsrat

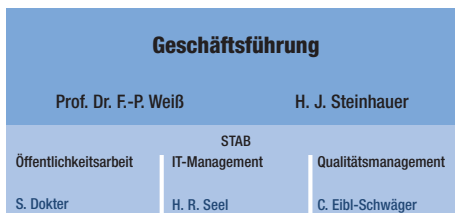
Vorsitzende: Ursula Heinen-Esser,
Parlamentarische Staatssekretärin im BMU
Stellvertretender Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Bruno O. Braun,
Vorsitzender des Vorstands TÜV Rheinland Berlin Brandenburg Pfalz e.V.

/// Geschäftsführung

Prof. Dr. Frank-Peter Weiß,
technisch-wissenschaftlicher Geschäftsführer
Hans J. Steinhauer,
kaufmännisch-juristischer Geschäftsführer

Organisation

(Stand: Dezember 2011)



Reaktorsicherheitsforschung	Reaktorsicherheitsanalysen	Anlagenbetrieb	Endlagersicherheitsforschung	Strahlen- und Umweltschutz	Projekte und Internationales	Zentrale Dienste	Projekträger Behördenunterstützung
Dr. A. Pautz	Dr. R. Stück	C. Versteegen	T. Rothfuchs	Dr. G. Pretzsch	U. Erven	V. Watermeyer	R. Zipper
Barrierenwirksamkeit	Anlagentechnik	Anlagenzuverlässigkeit	Sicherheitsanalysen	Kernbrennstoff	Nationales Projektmanagement	Finanzen	
Dr. M. Sonnenkalb	V. Wild	Dr. A. Kreuser	Dr. J. Mönig	Dr. B. Gmal	Dr. H. Uhlenbruck	B. Siemons	
Kühlkreislauf	Anlagenverhalten	Elektro- und Leittechnik	Prozessanalysen	Strahlenschutz	Internationales Projektmanagement	Personal und Recht	
Dr. H. Glaeser	W. Pointner	Dr. D. Sommer	Dr. H.-J. Herbert	H. Thielen	C. Eibl-Schwäger	M. Fillbrandt	
Kernverhalten	Anlagenkonzepte	Anlagensicherung		Endlagerung	Internationale Programme	Kommunikation	
Dr. K. Velkov	Dr. T. Schimpfke	Dr. W. Brücher		Dr. K. Fischer-Appelt	Dr. H. Teske	S. Dokter	
					Querschnittsprojekte	Standortverwaltungen	
					Dr. M. Mertins	G. Diepolder J. Hanrieder S. Krämer	
Technisches Büro Moskau *)	Technisches Büro Kiew *)						
I. Salesskaya	M. Chouha						

*) gemeinsam mit IRSN/RISKAUDIT



Standorte

Der Kölner Betriebsteil ist der Hauptsitz der GRS. Hier sind alle GRS-Bereiche außer der Endlagersicherheitsforschung vertreten. Der fachliche Schwerpunkt liegt bei Reaktorsicherheitsanalysen sowie im Strahlen- und Umweltschutz. Darüber hinaus werden die Bereiche Projekte und Internationales, Zentrale Dienste sowie Projektträger Behördenunterstützung von Köln aus gesteuert.

Der Bereich Reaktorsicherheitsforschung wird vom Betriebsteil in Garching aus gesteuert. Hier werden u. a. Programme und Methoden entwickelt und verifiziert, mit denen Stör- und Unfälle in Kernkraftwerken simuliert werden können. Weitere Arbeitsgebiete sind Reaktorsicherheitsanalysen, Kernbrennstoffverhalten und Internationales Projektmanagement. Die Büros des Standortes befinden sich im Umfeld von Forschungsinstituten auf dem Campus der TU München in unmittelbarer Nachbarschaft zum Forschungsreaktor FRM-2.

Der Arbeitsschwerpunkt im Berliner Betriebsteil liegt in den internationalen Aktivitäten insbesondere für Mittel- und Osteuropa. Hier arbeiten Experten verschiedener Disziplinen in enger Kooperation mit ausländischen atomrechtlichen Behörden und deren Sachverständigenorganisationen mit dem Ziel, die Sicherheit kerntechnischer Anlagen weltweit zu verbessern. Dabei spielt auch das von GRS und IRSN sowie deren Tochterorganisation RISKAUDIT gemeinsam betriebene Technische Büro in Kiew eine wichtige Rolle.

Von Berlin aus erfolgt die Leitung des Bereiches Strahlen- und Umweltschutz sowie der Abteilung Internationale Programme.

Im GRS Betriebsteil Braunschweig werden im Bereich Endlagersicherheitsforschung Methoden und Verfahren entwickelt, die zur Führung des Langzeitsicherheitsnachweises für Endla-

ger von gefährlichen Abfällen in geologischen Formationen erforderlich sind. Der Bereich ist in die beiden Abteilungen Sicherheitsanalysen und Prozessanalysen gegliedert und verfügt darüber hinaus über ein eigenes geowissenschaftliches Labor.



Köln



Garching



Berlin



Braunschweig

Tochterunternehmen

Institut für Sicherheitstechnologie GmbH (ISTec)

Das Institut für Sicherheitstechnologie GmbH (*ISTec*) ist eine 100%-ige Tochtergesellschaft der GRS mit Sitz in Garching und zählt zu den führenden Anbietern von Diagnose- und Sicherheitstechnik. *ISTec* bündelt jahrzehntelange Erfahrungen in Forschung und Entwicklung, Implementierung und Prüfung fortschrittlicher Sicherheitstechnologien.

Darüber hinaus bietet es Beratungs- und Prüfungsleistungen bei der Einführung neuer Technologien, umfassenden Service bei Betrieb und Nutzung sowie ganzheitliche eigene technische Lösungen, die sowohl Systeme zur Schadensdiagnose als auch DV-gestützte Überwachungssysteme umfassen.

RISKAUDIT IRSN/GRS International

Die Europäische Wirtschaftliche Interessenvereinigung *RISKAUDIT* ist eine gemeinsame Gründung der GRS und ihrer französischen Partnerorganisation *IRSN* mit Sitz in Paris.

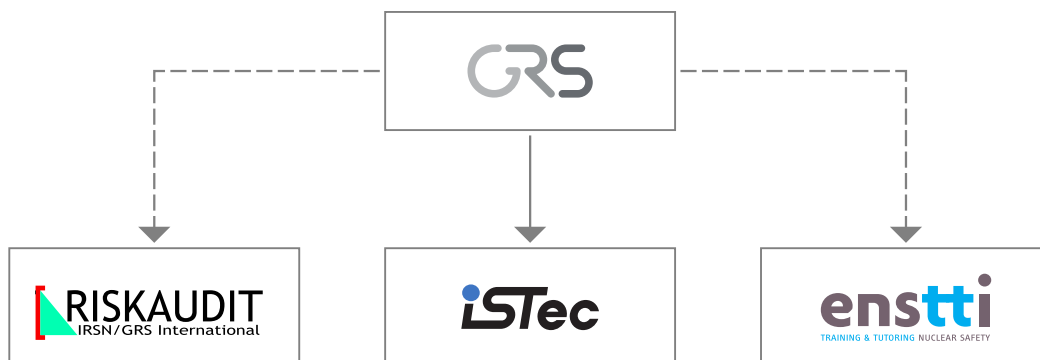
RISKAUDIT ist Koordinierungsstelle für sicherheitsorientierte Projekte in Osteuropa von Vorhaben der *EU* und der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (*EBWE*).

RISKAUDIT betreibt für die Kooperation von GRS und *IRSN* mit Osteuropa gemeinsame Büros in Moskau und Kiew.

European Nuclear Safety Training and Tutoring Institute (ENSTTI)

Die Europäische Wirtschaftliche Interessenvereinigung *ENSTTI* ist eine Initiative der *ETSON*-Mitgliedsorganisationen *IRSN*, *UJV*, *LEI* und GRS. Am 7. November 2011 ist die GRS dieser Vereinigung mit Sitz in Paris als drittes Mitglied beigetreten.

Das Ziel von *ENSTTI* liegt in der Vermittlung von theoretischem und praktischem Fachwissen im Bereich der Untersuchung und Bewertung kerntechnischer und radiologischer Risiken. Dabei hebt sich das Konzept von *ENSTTI* von bestehenden Angeboten insbesondere durch die Kombination von Training- und Tutoring-Kursen ab. Die Zielgruppe ist insbesondere das Personal junger Behörden aus Staaten, die beabsichtigen, erstmals in die friedliche Nutzung der Kernenergie einzusteigen, dabei jedoch über keine eigene nennenswerte Infrastruktur verfügen.



Wirtschaftliche Entwicklung

2010. Das Jahr 2010 war für die GRS erneut ein sehr erfolgreiches Jahr, in dem die integrale Auslastung des Unternehmens bereits zum Jahresanfang erreicht werden konnte und bis zum Jahresende durch zunehmende Auftrags-eingänge auf 118 % gesteigert werden konnte.

Vermögenslage. Die GRS verfügt 2010 über eine solide Vermögens- und Kapitalstruktur. Die Bilanzsumme der GRS ist im Berichtsjahr um 4,61 Mio. € bzw. 11,1 % auf 46,10 Mio. € gestiegen. Das Eigenkapital hat auf Grund des Jahresüberschusses 2010 um 2,91 Mio. € zugenommen und beläuft sich nun auf 20,1 Mio. €. Die Eigenkapitalquote hat sich aufgrund des gestiegenen Eigenkapitals trotz des leicht erhöhten Fremdkapitals um 2,2 %-Punkte auf 43,6 % erhöht.

Finanzlage. Der Finanzmittelfonds im Konzern erhöhte sich um 6.253 T€ auf 15.892 T€. Im Einzelabschluss erhöhte sich der Finanzmittelfonds um 5.856 T€ auf 15.453 T€.

Ertragslage. Der GRS ist es auch in 2010 gelungen, den Umsatz zu steigern (von 51,67 Mio. € auf 52,92 Mio. €). Die Erlöse aus gutachterlicher Forschungs- und Entwicklungstätigkeit (*F+E*) stiegen im Berichtszeitraum um rund 2,01 Mio. € auf 47,68 Mio. €. Die Gesamtleistung (Umsatzerlöse und Zuschüsse zuzüglich Bestandsveränderung) hat sich um 2,31 Mio. € bzw. 4,5 % von 51,79 Mio. € im Jahr 2009 auf 54,10 Mio. € im Jahr 2010 erhöht. In den Erlösen der GRS in Höhe von 52,92 Mio. € sind Zuschüsse in Höhe von 26,93 Mio. € enthalten. Das der Personalleistung zu Grunde liegende umsatzlerlöswirksame Gesamtstundenvolumen stieg im Geschäftsjahr 2010 um 16.161 Stunden auf 469.475 Stunden (+ 3,57 %).

Kostenentwicklung. Der Materialaufwand stieg um 493 T€ auf 4,84 Mio. €. Die Erhöhung der Personalaufwendungen um 993 T€ von 33,80 Mio. € auf 34,79 Mio. € resultiert im Wesentlichen aus der Einstellung neuer Mitarbeiter und der erneuten Erhebung eines VBL-Sanierungszuschlages (300 T€). Die Summe der Abschreibungen blieb mit 1,3 Mio. € im Vergleich zum Vorjahr nahezu unverändert. Die sonstigen betrieblichen Aufwendungen sanken um 740 T€ bzw. 5,9 % auf 11,82 Mio. €.

Operatives Ergebnis. Das Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit liegt mit 2,98 Mio. € rund 0,46 Mio. € über dem Vorjahresniveau von 2,52 Mio. €. Nach Steuern ergibt sich ein Jahresüberschuss von 2,90 Mio. €.

Finanzergebnis. Trotz erneuter Verbesserung der Liquidität in 2010 verschlechterte sich das Finanzergebnis von -979,3 T€ um 114,2 T€ auf -1.093,5 T€. Grund für diese Veränderung ist – wie schon im Vorjahr – vor allem die Aufzinsung der Pensionsrückstellungen nach Bilanzmodernisierungsgesetz (*BilMoG*).

Konzernergebnis. Das Betriebsergebnis der Tochtergesellschaft *ISTec* ist wie im Vorjahr positiv. Das Vorjahresergebnis konnte um 110 T€ auf 373 T€ gesteigert werden. Die *ISTec* weist insgesamt einen Jahresüberschuss von 268 T€ aus. Die Umsatzerlöse der Konzern-Gewinn- und Verlustrechnung sind maßgeblich durch den Umsatz der GRS bestimmt. Für die GRS mit der Tochtergesellschaft *ISTec* ergibt sich ein Konzernumsatz von 58,13 Mio. € in 2010 gegenüber 57,19 Mio. € in 2009. Dies entspricht einer Steigerung von 0,94 Mio. € bzw. 1,6 %.

Die **Gewinn- und Verlustrechnung** weist ein

Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit des Konzerns in Höhe von 3,33 Mio. € aus. Die Ertragsteuern betragen 151 T€ und die sonstigen Steuern 3 T€. Damit ergibt sich ein Konzern-Jahresüberschuss in Höhe von 3,17 Mio. €.

2011. Für die GRS wirkte sich das Reaktorunglück in Fukushima und die damit verbundenen politischen Entscheidungen vor allem durch eine rasant anwachsende Auftragslage und eine steigende Nachfrage nach Fachkompetenz aus (siehe auch Kapitel 4 zu Fukushima).

Die verstärkte Auftragsentwicklung führte dazu, dass das Jahr 2011 erneut ein sehr erfolgreiches Jahr für die GRS wurde. Die integrale Auslastung des Unternehmens konnte bereits zum Jahresanfang erreicht werden und bis zum Jahresende durch zunehmende Auftragsgänge auf 119 % gesteigert werden.

Politisches und rechtliches Umfeld. Durch die 2011 beschlossene Energiewende werden in Deutschland alle betriebenen Reaktoren bis spätestens 2022 vom Netz gehen. Bis zu diesem Zeitpunkt und auch danach wird die GRS den Auftraggeber Bund (*BMU, BMWi* etc.) mit allerhöchster Priorität mit dem gesamten Spektrum ihrer Kompetenz und ihren Forschungsleistungen versorgen.

Weltweit werden derzeit über 400 Reaktoren betrieben, davon mehr als 190 Reaktorblöcke in Europa. Viele dieser Reaktoren weisen ein geringeres Sicherheitsniveau auf als die in Deutschland abgeschalteten Anlagen. Die meisten dieser Reaktoren werden auch über das Jahr 2020 hinaus in Betrieb sein.

Angesichts der Tatsache, dass Nuklearunfälle länderübergreifende Auswirkungen haben können, muss die logische Konsequenz aus der nationalen Entscheidung darin bestehen, den deutschen Einfluss auf das internationale Sicherheitsniveau durch die Mitarbeit in den

entsprechenden Gremien, die Teilnahme an sicherheitsrelevanten Forschungsaktivitäten und durch den Erfahrungsaustausch unter Experten geltend zu machen.

Dies erfordert die Erhaltung der Fachkompetenz auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit über das Jahr 2022 hinaus. Nur so kann Deutschland auch künftig anerkannt in den internationalen Gremien der *EU, IAEO* und bspw. der *OECD* mitarbeiten, damit seinen internationalen Verpflichtungen nachkommen und seine Sicherheitsinteressen wirksam umsetzen. Dazu leistet die GRS einen wesentlichen Beitrag.

Daneben wird sie als zentrale Gutachterorganisation des Bundes auch die nationalen Aufgaben langfristig bedienen und ihre Kompetenz, zum Beispiel für die Nachbetriebs- und Rückbauphase von Kernkraftwerken und für Entsorgungsfragen zur Verfügung stellen. Außerdem trägt die GRS durch ihr Ausbildungsangebot wesentlich zum Kompetenzerhalt bei Behörden und Gutachterorganisationen bei.

Vermögenslage. Die GRS verfügt 2011 über eine solide Vermögens- und Kapitalstruktur. Die Bilanzsumme der GRS ist im Berichtsjahr um 4,05 Mio. € bzw. 8,8 % auf 50,15 Mio. € gestiegen.

Das **Eigenkapital** hat auf Grund des Jahresüberschusses 2011 um 2,81 Mio. € zugenommen und beläuft sich nun auf 22,9 Mio. €. Die Eigenkapitalquote hat sich aufgrund des gestiegenen Eigenkapitals trotz eines erhöhten Fremdkapitalanteils um 2,08 %-Punkte auf 45,68 % (Vorjahr: 43,6 %) erhöht.

Finanzlage. Der Finanzmittelfonds im Konzern erhöhte sich um 1.701 T€ auf 17.593 T€. Im Einzelabschluss erhöhte sich der Finanzmittelfonds um 2.131 T€ auf 17.584 T€.

Ertragslage. Der GRS ist es auch in 2011 gelungen, den Umsatz zu steigern. Die Erlöse aus gutachterlicher *F+E* Tätigkeit stiegen im Berichtszeitraum um rund 0,78 Mio. € auf 48,46 Mio. €.

Die **Gesamtleistung** (Umsatzerlöse und Zuschüsse zuzüglich Bestandsveränderung) hat sich um 3,16 Mio. € bzw. 5,8 % von 54,10 Mio. € im Jahr 2010 auf 57,26 Mio. € im Jahr 2011 erhöht.

In den Erlösen der GRS in Höhe von 57,18 Mio. € sind Zuschüsse in Höhe von 29,85 Mio. € enthalten. Das der Personalleistung zu Grunde liegende umsatzlerlöswirksame Gesamtstundenvolumen stieg im Geschäftsjahr 2011 um 3.773 Stunden auf 473.248 Stunden.

Kostenentwicklung. Der Materialaufwand stieg um 2.576 T€ auf 7,42 Mio. €. Die Erhöhung der Personalaufwendungen um 243 T€ von 34,79 Mio. € auf 35,04 Mio. €. Ursache dafür ist die Einstellung von 24 neuen Mitarbeitern. Dem gegenüber sind 30 Mitarbeiter ausgeschieden.

Die Summe der Abschreibungen blieb mit 1,3 Mio. € im Vergleich zum Vorjahr nahezu unverändert. Die sonstigen betrieblichen Aufwendungen stiegen um 770 T€ bzw. 6,5 % auf 12,59 Mio. €.

Operatives Ergebnis. Das Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit der GRS liegt mit 2,88 Mio. € nur rund 0,1 Mio. € unter dem Vorjahresniveau von 2,98 Mio. €. Nach Steuern ergibt sich ein Jahresüberschuss von 2,81 Mio. €.

Finanzergebnis. Das Finanzergebnis der GRS ist mit -913 T€ um 180 T€ besser als in 2010. Dominiert wird dieses Ergebnis – wie schon im Vorjahr – vor allem durch die Aufzinsung der Pensionsrückstellungen.

Konzernergebnis. Das Betriebsergebnis der Tochtergesellschaft *ISTec* ist zwar wie im Vorjahr positiv. Das Vorjahresergebnis konnte jedoch nicht gehalten werden und fiel um 329 T€ auf 44 T€. Die *ISTec* weist insgesamt einen Jahresüberschuss von 21 T€ aus. Die Umsatzerlöse der Konzern-Gewinn- und Verlustrechnung sind maßgeblich durch den Umsatz der GRS bestimmt. Für die GRS mit der Tochtergesellschaft *ISTec* ergibt sich ein Konzernumsatz von 62,98 Mio. € in 2011 gegenüber 58,13 Mio. € in 2010. Dies entspricht einer Steigerung von 4,85 Mio. € bzw. 8,3 %.

Die **Gewinn- und Verlustrechnung** des Konzerns weist ein Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit in Höhe von 2,96 Mio. € aus. Die Ertragsteuern betragen 97 T€ und die sonstigen Steuern 2 T€. Damit ergibt sich ein Konzern-Jahresüberschuss in Höhe von 2,86 Mio. €.

Öffentlichkeitsarbeit

In der Öffentlichkeit und in den Medien besteht ein ausgeprägtes Interesse an Informationen zu den Themen Reaktorsicherheit, Strahlenschutz und Entsorgung. Dies gilt insbesondere dann, wenn es in einer kerntechnischen Anlage zu einem Ereignis kommt.

Pressearbeit. Die GRS wurde 2010 von Journalisten regelmäßig um Information und fachliche Aufklärung zur Situation und zu Ereignissen in kerntechnischen Anlagen im In- und Ausland aber auch zu Forschungsarbeiten gebeten. Die Anfragen reichten von Erläuterungen zur Laufzeitverlängerung, über den Jahrestag der Katastrophe von Tschernobyl bis hin zur VSG.

Im Februar 2011 drehte der deutsch-französische Fernsehsender ARTE in der GRS Garching einen Beitrag für das Wissensmagazin X:enius. Der Hintergrund des Beitrags war der 25. Jahrestag der Katastrophe von Tschernobyl. In den Wochen danach gab es Anfragen zur Sicherheit der Kernkraftwerke in China, der End- und Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle und zur Untertagedeponierung chemisch-toxischer Abfälle.

Ausgelöst durch den Reaktorunfall in Fukushima beantwortete die GRS ab dem 11. März 2011 mehr als 700 Presseanfragen in diesem Zusammenhang. Geschäftsführung, Experten und Pressesprecher standen darüber hinaus in zahlreichen Zeitungs-, Fernseh- und Rundfunkinterviews Rede und Antwort. Erst in der zweiten Hälfte des Jahres standen auch andere Themen wieder im Mittelpunkt des Interesses, beispielsweise der Kompetenzerhalt und der Unfall in der kerntechnischen Anlage Marcoule in Südfrankreich.

Website. Neben der Umstellung auf ein neues Content-Managementsystem wurde im Jahr

2010 auch eine Publikationsdatenbank eingeführt und eine neue Rubrik etabliert, in der Themen und Begriffe aus dem Arbeitsalltag der GRS allgemeinverständlich und aktuell vorgestellt werden. Rund 350.000

Interessierte besuchten in diesem Jahr die Internetseiten der GRS.

Zur Information der Bevölkerung über den Reaktorunfall in Fukushima hatte die GRS 2011 eigens ein [Fukushima-Informationportal](#) eingerichtet. Die Internetseite und das Informationsportal hatten zum Jahresende rund eine Million Besuche zu verzeichnen.

Social Media. Seit September 2011 ist die GRS auf den Social Media Kanälen [Facebook](#) und [Twitter](#) präsent. Besucher der Seiten werden dort unter anderem über Themen rund um das Unternehmen und die fachlichen Arbeiten der GRS informiert. Die Ausweitung des Engagements auch auf andere Social-Media-Kanäle ist 2012 vorgesehen.

Veröffentlichungen. Neben den Berichten, in denen die Ergebnisse der gemeinnützigen Forschungsarbeit veröffentlicht werden, informiert die GRS die breite Öffentlichkeit in einer Spezialreihe »Allgemeininteresse«. Hier werden Themen von öffentlichem Interesse dargestellt, wie zum Beispiel 2011 den [Sonderdruck in der Internationalen Zeitschrift für Kernenergie](#) (atw) zum 25. Tschernobyl-Jahrestag.

Eine Übersicht über alle Veröffentlichungen der GRS bietet das [Publikationsverzeichnis](#) auf der GRS-Website.



Filmaufnahmen für das Wissensmagazin X:enius am Standort Garching (Foto: GRS)

Internationale Fachveranstaltungen. Die GRS steht in kontinuierlichem Austausch mit der Fachwelt und unterhält Kontakte zu internationalen Expertenorganisationen. Neben dem wissenschaftlichen Austausch im Rahmen von Arbeitstreffen oder Kooperationsabkommen sind Veranstaltungen ein wesentlicher Bestandteil bei der Weiterentwicklung eines einheitlichen Stands von Wissenschaft und Technik.

Das 13. EUROSAFE Forum fand am 8. und 9. November 2010 im Kölner Gürzenich statt. Es stand unter dem Motto »Innovation in nuklearer Sicherheit und Sicherung«. Rund 430 Gäste haben daran teilgenommen. Eine ähnlich hohe Teilnehmerzahl konnte beim 14. EUROSAFE Forum am 7. und 8. November 2011 zum Thema »Nuclear safety: new challenges, gained experience and public expectations« in Paris erzielt werden. Die Programme, Vorträge und Poster stehen auf der [EUROSAFE-Internetseite](#) zum Download zur Verfügung.

In Form von Hochschulkooperationen arbeitet die GRS mit deutschen Hochschulen und Universitäten zusammen und bietet Fachvorträge und Mitarbeit in der Lehre an. Derzeit bestehen Kooperationen mit der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen, der Technischen Universität Braunschweig, der Technischen Universität Clausthal und der Fachhochschule Brandenburg. Im Rahmen der Hochschulkooperationen fanden 2010 und 2011 Uni-Infotage statt, an denen Studierende sich über die Kompetenzen und Tätigkeitsfelder der GRS und berufliche Einstiegsmöglichkeiten informieren können.

Informationsveranstaltungen. Zum Familientag der GRS Braunschweig am 20. August 2010 waren die Familien und Freunde der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in die GRS eingeladen. Über 110 große und kleine Gäste

verschafften sich einen Eindruck davon, mit welchen Themen Väter, Mütter oder Bekannte bei der GRS beschäftigt sind. Nach anschaulichen Vorträgen und informativen Laborführungen mit Versuchen zum Anschauen und Mitmachen konnte am Ende des Tages jeder die Frage beantworten: »Was macht die GRS eigentlich genau?«

Auch die Lange Nacht der Wissenschaft im Mai 2010 bei der GRS in Garching fand großen Anklang. Rund 400 Gäste nutzten zwischen 18 und 24 Uhr die Angebote der GRS in Form von Vorträgen, Exponaten und Filmen. Ähnlich gut besucht war der Tag der offenen Tür im Oktober 2011 auf dem Forschungscampus Garching. Besonders ein Vortrag über den Unfall in Fukushima zog das Interesse der Besucher auf sich.



Anschauliche Versuche beim Familientag in Braunschweig (Foto: GRS)



Uni-Infotag bei der GRS in Köln im November 2011 (Foto: GRS)

Der Reaktorunfall in Fukushima

→ Am 11. März 2011 ereignete sich vor der Ostküste der japanischen Hauptinsel Honshu das schwerste Erdbeben seit Beginn entsprechender Aufzeichnungen in Japan. Das Beben und vor allem der dadurch verursachte Tsunami verwüsteten weite Gebiete im Osten Japans und führten zu einer enormen Zahl an Opfern.

Am Kernkraftwerksstandort Fukushima Daiichi verursachten das Beben und der Tsunami den fast vollständigen Ausfall der Stromversorgung bei vier der insgesamt sechs Reaktorblöcke. In der Folge kam es zu dem schwersten Reaktorunfall nach Tschernobyl.

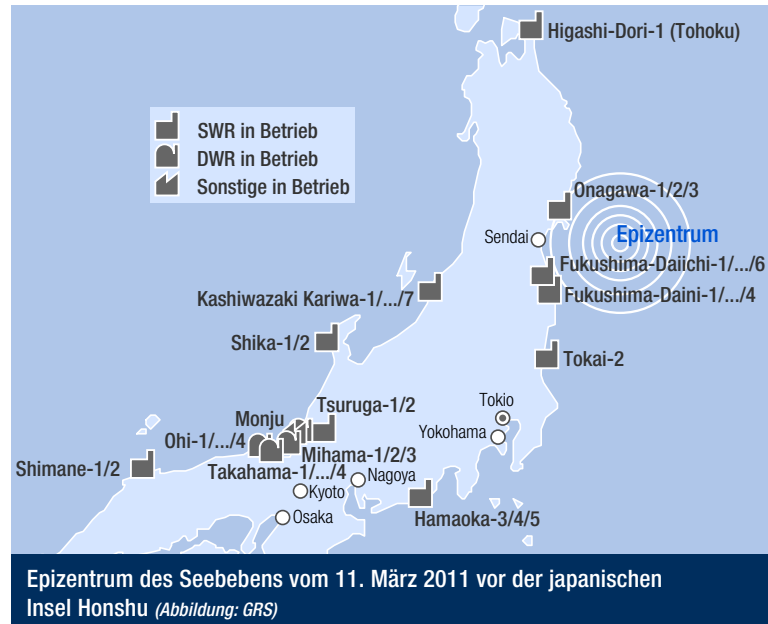
Vor allem in den ersten Tagen des Unfalls gelangten erhebliche Mengen radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre. Diese massiven Freisetzungen führten zu großflächigen Kontaminationen des Umlands. Weit mehr als 100.000 Menschen waren von Evakuierungen oder Empfehlungen zum Verlassen ihres Wohnorts betroffen. Die Höhe der Freisetzungen führte dazu, dass der Unfall auf der höchsten Stufe der International Nuclear and Radiological Event Scale (INES 7, s. Seite 20) eingeordnet wurde.

Nach Erscheinen der ersten Medieninformationen zum Erdbebenereignis in Japan am Freitag, den 11. März 2011 um ca. 7:30 Uhr MEZ, analysierten GRS-Experten das Ereignis zunächst im üblichen betrieblichen Rahmen. Grundlage hierfür bildeten aktuelle Medieninformationen.

Im Laufe des Vormittages spitzte sich die Situation der Reaktoren am Standort Fukushima zu, woraufhin die GRS eine erste Lagedarstellung für das BMU erstellte (siehe dazu auch Infokasten auf Seite 21).

GRS-Notfallzentrum. In den folgenden Stunden wurde die GRS-Notfallorganisation einberufen. Ein Notfallteam von anfänglich 10 und später 14 Personen pro Schicht bezog dazu einen eigens bereitgestellten Notfallraum.

Hauptaufgabe des Notfallteams war zu diesem Zeitpunkt vor allem die Verfolgung und fachliche Interpretation der Medienveröffentlichungen, da der Betreiber bzw. die japanische Behörde nur mit großer zeitlicher Verzögerung und anfänglich auch nur sehr rudimentär Informationen zur Verfügung stellten. Mit Fortschritt des Ereignisses wurden weitere Informationsquellen wie z. B. Informationen der IAEA hinzugezogen.



Aufgrund der andauernden kritischen Situation in den japanischen Kernkraftwerken wurde im Notfallzentrum bereits am 11. März 2011 ein Schichtbetrieb eingerichtet, so dass eine Einschätzung der Situation rund um die Uhr möglich war. Das *BMU* wurde über neue Entwicklungen in weiteren Lagedarstellungen informiert. Insbesondere die Entwicklungen am Standort Fukushima Daiichi erforderten umfassende Informationsauswertungen und Analysen und sorgten außerdem für großes Medieninteresse. Bis Ende 2011 beantwortete die GRS mehr als 700 Presseanfragen zu Fukushima und gab mehr als 30 Radio- und Fernsehinterviews.

Weitere Details zum Reaktorunfall sind in der GRS-Broschüre »[Fukushima Daiichi – Unfallablauf | Radiologische Folgen](#)« nachzulesen.

Information der Öffentlichkeit. Zur besseren Information der Öffentlichkeit wurden die Lagedarstellungen auf der Internetseite der GRS veröffentlicht – teilweise auch in Englisch. Aufgrund der großen Nachfrage nach den dort eingestellten Informationen wurde ein weiterer Stab für die Aktualisierung und den Ausbau dieses Informationsangebots eingerichtet. Ende März 2011 konnten die Lagedarstellungen und zusätzliche Hintergrundinformationen schließlich auf einer eigens eingerichteten GRS-Website gebündelt angeboten werden, dem sogenannten »Fukushima Portal«.

Die Arbeiten im Notfallzentrum waren begleitet von einem intensiven Informationsaustausch mit befreundeten Institutionen, wie dem *IRSN* (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) in Paris, der schweizerischen Behörde *ENSI* (Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat) und der britischen Behörde *HSE* (Health and Safety Executive).

Insgesamt erstellte die GRS im Auftrag des *BMU* im Zeitraum zwischen dem 11. März bis

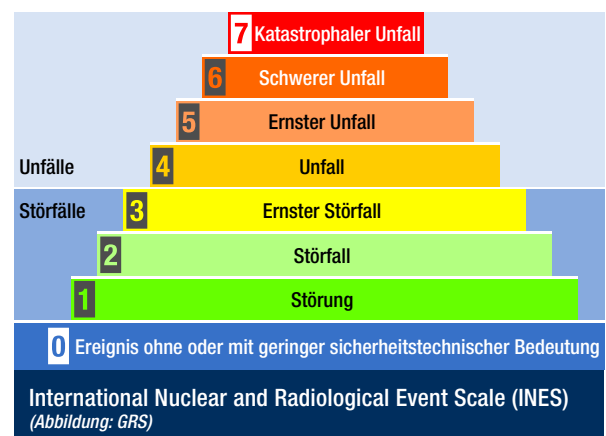


Von einer Überwachungskamera aufgenommenes Bild einer Tsunamiwelle, die auf den Kraftwerksstandort Daiich trifft (Foto: TEPCO)

Anfang Juli 2011 über 200 öffentlich abrufbare Lagedarstellungen.

Arbeiten der GRS im Nachgang zu Fukushima. In mehreren Forschungsvorhaben, die vom *BMU* und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (*BMWi*) 2011 initiiert wurden, befasst sich die GRS detailliert mit den Ereignissen in Fukushima. Unter anderem analysiert sie den Unfallhergang und erstellt eigene Simulationsrechnungen.

■ Die **INES-Skala** besteht aus sieben Stufen, die zur Einordnung der sicherheitstechnischen Bedeutung eines konkreten Ereignisses in einer kerntechnischen Anlage genutzt werden. Zur Einordnung wird ein umfangreicher Katalog von Kriterien herangezogen, der in einem INES-Handbuch der IAEA veröffentlicht ist. ■



Unfallverlauf und Übertragbarkeit auf deutsche Anlagen. Im Rahmen eines *BMU*-Forschungsvorhabens hat die GRS mit vertieften Analysen zum Unfallhergang in Fukushima begonnen. Grundlage hierfür bildeten neben den von der GRS im Notfallzentrum gesammelten und bewerteten Informationen weitere Kenntnisse über die betroffenen Anlagen (z. B. über den verwendeten Kernbrennstoff). Dazu wurden in erster Linie Daten der Nachuntersuchungen japanischer Betreiber, Behörden und Forschungsinstitute ausgewertet.

In die ganzheitliche Analyse sollen alle Ereignisse, die auf den Unfallverlauf einwirkten, mit einbezogen werden. Dazu zählen neben dem Erdbeben und der Überflutung der Anlage auch die Zuverlässigkeit der Energieversorgung, die Druckentlastung des Sicherheitsbehälters, die Wasserstoffexplosionen und die eingeleiteten Gegenmaßnahmen. Aus diesem Grund wird beispielsweise in einem weiteren Schritt ausgewertet, welche Systeme zu welchem Zeitpunkt nicht verfügbar waren und was die Ursache für ihren Ausfall war. Bewertet werden auch die Entscheidungs- und



Das GRS-Notfallteam während des Fukushima-Einsatzes
(Foto: picture alliance /dpa)

Kommunikationsprozesse während des Unfalls (z. B. zwischen Betreiber und Aufsichtsbehörde).

Liegt der Unfallverlauf detailliert vor und ergibt sich aus der Analyse, dass Erkenntnisse auch für deutsche Anlagen relevant sind bzw. zeigt sich ein Handlungsbedarf, formuliert die GRS entsprechende Empfehlungen. Ein erster Zwischenbericht wurde im Herbst 2011 veröffentlicht.

■ Die Notfallorganisation der GRS

Auf Grundlage einer Rahmenvereinbarung mit der Bundesrepublik Deutschland hält die GRS bei einem kerntechnischen Unfall fachkundiges Personal und eine entsprechende Infrastruktur bereit.

Die Aufgabe dieser Notfallorganisation ist es, das BMU bei kerntechnischen Ereignissen im In- und Ausland mit kerntechnischem Know-how zu unterstützen. Um diese Unterstützung zu gewährleisten, ist die GRS rund um die Uhr über ihre Rufbereitschaft erreichbar. Diese aktiviert gegebenenfalls auch die GRS-Notfallorganisation.

Die Notfallorganisation stützt sich auf ein Team von ca. 50 bis 60 GRS-Experten der unterschiedlichsten Fachrichtungen wie z. B. Anlagentechnik, Thermohydraulik, Probabilistische Sicherheitsanalysen, Leittechnik, Strahlenschutz usw. und kann um weitere Experten er-

gänzt werden. Bei einem länger andauernden Ereignis kann dadurch der Schichtbetrieb gewährleistet werden. Zusätzlich stehen zur Unterstützung des Notfallstabes IT-Spezialisten auch außerhalb der Dienstzeiten zur Verfügung.

Das Notfallteam soll während der Dienstzeit innerhalb von 30 Minuten und außerhalb der Dienstzeiten innerhalb von ca. 2 Stunden arbeitsbereit sein. Es verfügt grundsätzlich über das gesamte Spektrum an Software und Informationsquellen der GRS. Zusätzlich nutzt das Team auch die Kontakte zu ausländischen Behörden und technischen Sachverständigenorganisationen, über die die GRS durch ihre bilateralen und internationalen Beziehungen verfügt. ■

Darüber hinaus erarbeitet die GRS im Auftrag des *BMU* eine Weiterleitungsnachricht (*WLN*) zu den Auswirkungen der Erdbeben an den japanischen Kernkraftwerksstandorten Fukushima Daiichi und Daini sowie Kashiwazaki-Kariwa (2007). Die Veröffentlichung der *WLN* ist für Anfang 2012 vorgesehen. Sie enthält 22 Empfehlungen für deutsche Anlagen, die die Aspekte elektrische Energieversorgung, Kühlwasserversorgung, Notfallschutz, Brandschutz und Erdbebenauslegung umfassen.

Überprüfung von Simulationsprogrammen anhand realer Ereignisse. Basierend auf den gemessenen Werten aus Fukushima, überprüft die GRS in mehreren *BMWi*-Vorhaben ihre Simulationsprogramme hinsichtlich deren Validität. Hierbei ist besonders die Frage relevant, ob die von der GRS entwickelten Codes valide (d. h. gültige) Werte liefern, die denen entsprechen, die unter realen Bedingungen in Fukushima gemessen wurden.

Die *BMWi*-Vorhaben sehen darüber hinaus vor, diese Simulationsprogramme anzuwenden, um Phänomene mit Bezug zu den Ereignissen in Fukushima zu untersuchen. So wird die GRS beispielsweise in einem Vorhaben die Grenzen der Tragfähigkeit der Bauteile und die Materialermüdung durch die Beanspruchung mehrfacher Erdbeben ermitteln.

Des Weiteren werden die Simulationsprogramme auf die Analyse eines ähnlichen Unfallszenarios in einem Siedewasserreaktor deutscher Bauart angewendet. Dabei wird zum Beispiel untersucht, ob die wesentlichen Abläufe und aufgetretenen Phänomene (z. B. der Ausfall der Kühlsysteme) unter Berücksichtigung anlagenspezifischer Notfallmaßnahmen quantitativ und qualitativ gut wiedergegeben werden können.



Luftaufnahme des Standorts Fukushima Daiichi nach dem Unfall (Foto: Tepco)

Ein weiteres Vorhaben beinhaltet u. a. die Anwendung und Entwicklung von Rechenmethoden, mit denen das radioaktive Inventar in Reaktorkern und Abklingbecken von Siedewasserreaktoren berechnet werden kann. Damit sind zum Beispiel Aussagen darüber möglich, wie groß die Nachzerfallswärme der abgebrannten Brennelemente ist.

Auch die Beeinträchtigungen der Brennelementlagerbecken durch den Unfallablauf werden hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf deutsche Anlagen untersucht.



Block 4 nach dem Unfall (Foto: Tepco)

Bestandsaufnahme. Die Resonanz auf die Leistungen des GRS-Notfallzentrums während der Ereignisse in Fukushima fielen sowohl national als auch international sehr positiv aus – nicht zuletzt deshalb, weil die beteiligten Mitarbeiter engagiert und fachlich orientiert gearbeitet haben und ihre Arbeit transparent an die Öffentlichkeit kommuniziert wurde. Trotzdem nutzte die GRS die Gelegenheit für eine Bestandsaufnahme im Nachgang an Fukushima:

So waren beispielsweise die für die GRS zugänglichen Dokumentationen zu den betroffenen Reaktortypen lückenhaft und die Beschaffung verlässlicher Informationen zum Unfallablauf gestaltete sich schwierig. Zudem zeigte sich die Information der Öffentlichkeit und der Medien über aktuelle Entwicklungen und technische Hintergründe als sehr aufwendig. Oftmals war zum Beispiel vorab die Vermittlung von grundlegendem technischen Wissen notwendig.

Weitere Schritte. Die GRS plant derzeit den Ausbau und die Modernisierung ihres Notfallzentrums. In die Konzeption hierfür fließen auch die Erfahrungen ein, die der Notfallstab der GRS während des Reaktorunfalls in Fukushima gesammelt hat. Nach dem mehrwöchigen Einsatz zahlreicher GRS-Kollegen – in der Anfangszeit teilweise rund um die Uhr – wurde deutlich, dass die bisherige Infrastruktur vor allem im Hinblick auf die Größe der Räumlichkeiten für länger andauernde Ereignisse nicht optimal ist.

Das neue Notfallzentrum soll deshalb mehr Platz und separate Arbeitsbereiche für die einzelnen Teams bieten. Moderne Kommunikationstechnik soll zukünftig beispielsweise die Vernetzung mit anderen Institutionen im In- und Ausland und den internen Austausch von Informationen zwischen den Teams und den Standorten der GRS erleichtern.

Reaktorsicherheit

➔ Im Arbeitsfeld Reaktorsicherheit tragen wir mit unserer Forschung dazu bei, den Stand von Wissenschaft und Technik der kerntechnischen Sicherheit weiterzuentwickeln. Als Sachverständigenorganisation des Bundes befassen wir uns im Auftrag der Bundesregierung mit unterschiedlichsten Fragestellungen im Zusammenhang mit der Sicherheit des Betriebs und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen.

Der Arbeitsschwerpunkt in der Reaktorsicherheitsforschung liegt auf der Entwicklung und Validierung von Simulationsprogrammen. Mithilfe dieser sogenannten Codes lässt sich das Verhalten eines Kernkraftwerks oder einzelner Anlagenbereiche unter unterschiedlichsten Bedingungen abbilden. Die Szenarien, die dabei unterstellt werden können, erstrecken sich vom Normalbetrieb bis zum schweren Unfall mit Kernschmelze. Anwendung finden diese Programme in den Reaktorsicherheitsanalysen der GRS. Der Erfahrungsrückfluss aus der Anwendung in konkreten Untersuchungen bietet wiederum Impulse für die kontinuierliche Weiterentwicklung der Programme. Darüber hinaus kommen eine Reihe der von der GRS entwickelten Codes auch in über 50 Behörden und Forschungsinstitutionen im Ausland zum Einsatz.

Vorrangiges Ziel der Reaktorsicherheitsanalysen der GRS ist die sachverständige Unterstützung der durch das BMU wahrgenommenen Bundesaufsicht. Die Aufgaben reichen hier von der Erstellung von Gutachten im Rahmen aufsichtlicher Verfahren über die Untersuchung generischer sicherheitstechnischer Fragestellungen bis hin zur Unterstützung bei der Weiterentwicklung des kerntechnischen Regelwerks und der Mitarbeit in nationalen und internationalen Fachgremien. Die fachliche Grundlage hierfür bilden vor allem Sicherheitsanalysen und die Entwicklung eigener deterministischer und probabilistischer Methoden zu ihrer Erstellung. Ein weiterer Schwerpunkt der Reaktorsicherheitsanalysen liegt auf der Auswertung von Erfahrungen aus dem Betrieb von Kernkraftwerken im In- und Ausland: Ergibt die Analyse eines Ereignisses neue Erkenntnisse, die potenziell auf deutsche Kernkraftwerke übertragbar sind, erstellt die GRS sogenannte Weiterleitungsnachrichten mit Empfehlungen für sicherheitserhöhende Maßnahmen.

Zu den Aufgaben der GRS im Arbeitsfeld Reaktorsicherheit gehört schließlich auch die fachliche Unterstützung der Notfallorganisation des BMU bei Stör- und Unfällen in kerntechnischen Einrichtungen im In- und Ausland. Hierzu unterhält die GRS an ihrem Kölner Standort ein eigenes Notfallzentrum. Außerdem stellt die GRS im Auftrag des BMU den sogenannten »INES-Officer« für Deutschland. Er ist unter anderem für die Überprüfung der von den Betreibern vorzulegenden Ersteinstufung von Ereignissen auf der internationalen Ereignis-Skala INES zuständig.



(Foto: © iStockphoto.com/RelaxFoto.de)

Codeentwicklung

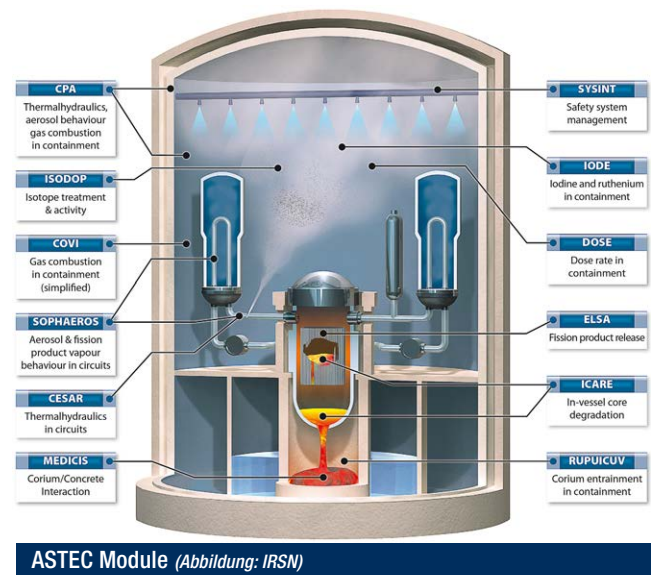
Im Auftrag des *BMWi* hat die GRS ihre Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu Simulationsprogrammen fortgeführt.

COCOSYS und ASTEC. Die Codes *COCOSYS* (Containment Code System) und das deutsch-französische Integral-Programm *ASTEC* (Accident Source Term Evaluation Code) zählen zu den GRS-Rechencodes, die das Containmentverhalten sowie den Ablauf schwerer Störfälle in der Gesamtanlage simulieren.

Ein wesentlicher Entwicklungsschwerpunkt in *COCOSYS* war unter anderem die Simulation des radiologisch relevanten Jodverhaltens. Unter Verwendung von experimentellen Daten der *THAI*-Versuchsanlage bei Becker Technologies in Eschborn konnten beispielsweise die Modelle verbessert werden, die die Wechselwirkungen zwischen Jod und Stahl und Jod und (Wand-)Farbe simulieren. Auch die Modelle, mit denen der Transport von Spaltprodukten durch das Kondensat entlang von Wänden im Containment modelliert werden kann, wurden optimiert.

Darüber hinaus wurde im Auftrag der britischen Aufsichts- und Genehmigungsbehörde *HSE* mit den für *COCOSYS* und *ASTEC* entwickelten Analysemethoden eine Bewertung der Ausbreitung von Kernschmelze im Kernfänger des European Pressurized Water Reactor (*EPR*) durchgeführt.

Es konnten neue Vorhaben zur Weiterentwicklung von *ASTEC* und *COCOSYS* akquiriert werden. Hier soll insbesondere die Anwendbarkeit von *ASTEC* für die frühe Unfallphase verbessert werden. Zudem beteiligt sich die GRS am *EU*-Vorhaben *JASMIN*, in dem *ASTEC* für natriumgekühlte Reaktoren der Generation IV ertüchtigt werden soll. Für *COCOSYS* ist ebenfalls die Modellertüchti-



gung für zukünftige Reaktoren der Generation III+ und IV vorgesehen.

ATHLET. Die GRS hat ihr thermohydraulisches Systemprogramm *ATHLET* mit dem 3D *CFD* (Computer Fluid Dynamics)-Programm *ANSYS CFX* gekoppelt. Damit können Bereiche des Primärkreislaufes mit dem 3D *CFD*-Code beschrieben werden, während die übrigen Bereiche weiterhin in der 1D Näherung behandelt werden können. Der Einsatz dieser Programmvariante erlaubt eine physikalisch adäquate Simulation des Gesamtanlagenverhaltens bei vertretbaren Rechenzeiten.

Die Nachrechnung eines Experiments mit 3D-Modellierung hat gezeigt, dass mit den gekoppelten Programmen sowohl das Systemverhalten als auch die Temperaturverteilung im Kaltstrang korrekt simuliert werden konnten.

ATHLET-CD. Die Modelle des Programms *ATHLET-CD* zur Simulation von schweren Störfällen wurden im Hinblick auf höhere Stabilität und Rechengeschwindigkeit überarbeitet. Das Programm spielt eine wesentliche Rolle bei den weiteren Untersuchungen zu dem Anlagenverhalten bei dem Unfall in Fukushima.

ATHLET-QUABOX/CUBBOX. Für Phänomene, die das Thema Kernspaltung thematisieren, werden gekoppelte Simulationsprogramme wie das *ATHLET-QUABOX/CUBBOX* herangezogen.

In enger Zusammenarbeit mit dem russischen Kurchatov-Institut (Moskau) wurde ein Werkzeug für die automatisierte Generierung und Visualisierung hochauflösender Reaktorkernmodelle für den gekoppelten Systemcode *ATHLET-QUABOX/CUBBOX* entwickelt. Es ermöglicht die Untersuchung des thermohydraulischen und reaktorphysikalischen Kernverhaltens in einer neuen Detaillierungstiefe. Im Zuge dieser Entwicklung konnte auch die für komplexe Rechenfälle mit *ATHLET* benötigte Zeit um ein bis zwei Größenordnungen reduziert werden.

XSUSA. Programme wie *XSUSA* (Cross Section Uncertainty and Sensitivity Analysis) werden zur Analyse der Aussagensicherheit von Rechenprogramm-Ergebnissen genutzt. Sie untersuchen und bewerten unsichere Größen – z. B. Parameter, Modellannahmen, Algorithmen – in diesen Rechenprogrammen, um die Auswirkung ungenauer Eingabewerte zu quantifizieren.

Die GRS führte mit *XSUSA* systematisch Unsicherheitsanalysen für alle Arten von nuklearen Berechnungen durch und nimmt damit mittlerweile international eine führende Position im Bereich der Unsicherheitsanalysen für nukleare Daten ein. Zudem ist in enger Zusammenarbeit mit den Oak Ridge National Laboratories die Implementierung von *XSUSA* in die *ORNL*-Standardsoftware *SCALE* (System for Criticality Analysis in Licensing Evaluations) gelungen, wodurch das Produkt einer noch

größeren Anwendergemeinde, unter anderem auch der amerikanischen Aufsichtsbehörde *U.S. NRC* zugänglich gemacht werden konnte.

Außerdem konnte im Rahmen international – von der Nuclear Energy Agency der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (*OECD/NEA*) – geförderter Benchmarkaktivitäten gezeigt werden, dass die Unsicherheits- und Sensitivitätsanalyse der GRS nicht nur für stationäre 3D-Ganzkernrechnungen funktioniert sondern sich zwanglos auf vorübergehend abweichende Vorgänge und Störfallanalysen erweitern lässt. Derzeit ist die Erweiterung von *XSUSA* auf nukleare Abbrand- und Nuklidinventarberechnungen und die Validierung für fortgeschrittene Reaktortypen in Vorbereitung, u. a. in enger Abstimmung mit dem Joint Research Center der Europäischen Kommission (*JRC*) in Petten.

2011 wurde erstmals für einen Siedewasserreaktor der Baulinie '69 eine umfassende Unsicherheits- und Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Das angenommene Ereignis: Turbinenschnellschluss mit Verblockung der Frischdampf-Umleitstation und zusätzlichem Versagen der Reaktorschnellabschaltung (*RESA*). Mit dem erfolgreichen Abschluss dieses Vorhabens steht die Unsicherheits- und Sensitivitätsanalyse nun auch zur Verfügung, wenn es um den Abgleich mit Genehmigungsgrenzwerten geht.

Weitere Informationen liefert die GRS-Broschüre »[Scientific Codes Developed and Used at GRS](#)«.



Codebroschüre der GRS
(Abbildung: GRS)

Schaffung eines Handbuchs für Störfallanalysen (SfH) deutscher Kernkraftwerke

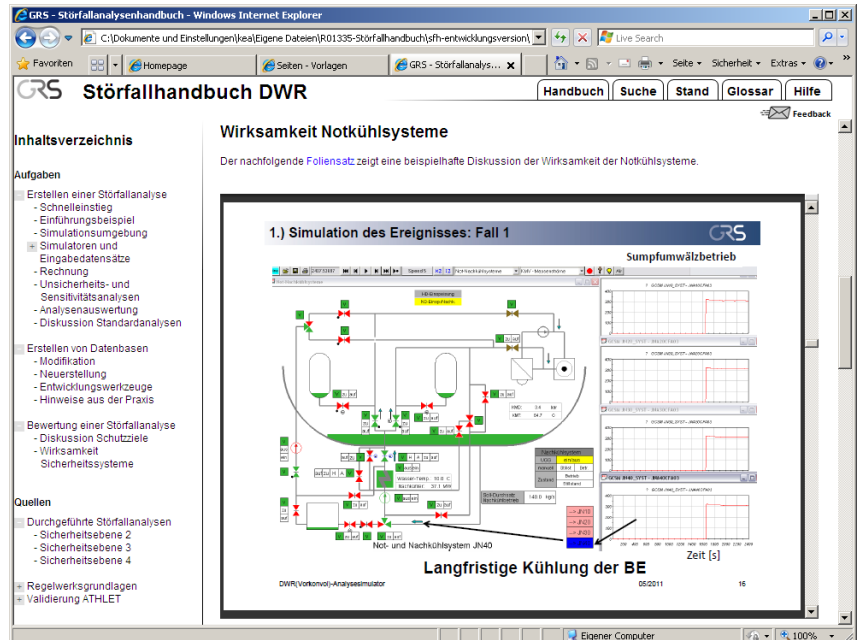
Die Weiterentwicklung von Simulatoren zur Berechnung der thermohydraulischen Vorgänge in den Kühlkreisläufen von Kernreaktoren ist einer der Schwerpunkte im Bereich Reaktorsicherheitsanalysen. Eine weitere Zielsetzung ist der langfristige Erhalt und der Ausbau der Wissensbasis für deterministische Sicherheitsanalysen.

Inhalte. 2011 konnte die GRS das Vorhaben »Schaffung eines Handbuchs für Störfallanalysen (SfH) deutscher Kernkraftwerke« abschließen. Das SfH bietet eine umfassende, elektronische Wissenssammlung zum Themenbereich thermohydraulische Störfallanalysen für Ereignisse sowohl im gestörten Leistungsbetrieb der Anlage als auch bei Störfällen. Die Inhalte beziehen sich auf Druckwasserreaktoren.

Das Handbuch enthält insbesondere Informationen zur Erstellung und Durchführung von Störfallanalysen und Störfallanalysen mit charakteristischen Beschreibungen. Ferner wurden Erkenntnisse aus der Programmentwicklung und -validierung aufgenommen. Ebenso werden wichtige Regeln und Richtlinien für Analysen im Rahmen von Nachweisverfahren bereitgestellt.

»Stresstest« für Kernkraftwerke in Deutschland und der EU

Im Nachgang zum Reaktorunfall in Fukushima beauftragte das BMU im März 2011 die RSK mit einer anlagenspezifischen Sicherheitsüberprüfung, dem sogenannten »Stresstest«, für alle deutschen Kernkraftwerke.



Auszug aus dem Handbuch für Störfallanalysen mit grafischer Aufbereitung einer Störfallsimulation, wie sie durch den GRS-Analysesimulator geliefert wird (Abbildung: GRS)

Zielgruppe. Das SfH richtet sich gleichermaßen an Entwickler und Anwender von Störfallanalyseverfahren, wobei die inhaltliche Aufarbeitung vor allem Nutzer mit noch wenig Erfahrung unterstützt. Das SfH leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Kompetenzerhalt. Die inhaltliche Konzeption entspricht im Grundsatz dem Vorgehen bei der Durchführung von Störfallanalysen bzw. bei der Anwendung von Erkenntnissen aus Störfallanalysen mit dem Ziel, die Mitarbeiter bei gutachterlichen Fachberatungen zu unterstützen.

Schutzziele und Robustheit. Die Prüfung sollte unter Berücksichtigung der Ereignisse in Fukushima aufzeigen, wie robust die Auslegungen der Kernkraftwerke sind, wenn die Einwirkungen über die in der Auslegung vorgesehenen Ereignisse hinausgehen. Es wurde untersucht,

ob die übergeordneten Schutzziele – Kontrolle der Reaktivität, Kühlung der Brennelemente und Begrenzung der Freisetzung radioaktiver Stoffe – eingehalten werden können.

Anforderungskatalog der RSK. Dafür hat die RSK einen Anforderungskatalog mit Szenarien und Postulaten erstellt. Darunter waren sowohl naturbedingte Ereignisse – wie Erdbeben, Hochwasser, extreme Wetterbedingungen sowie deren Folgewirkungen – als auch zivilisatorisch bedingte Ereignisse – wie unfallbedingter und gezielter Flugzeugabsturz, Explosionen außerhalb der Anlage und mögliche Auswirkungen eines Unfalls in einem benachbarten Reaktor, terroristische Angriffe auf die Anlage einschließlich IT-Angriffe.

Darüber hinaus mussten ereignisunabhängige Annahmen wie der lang andauernde Ausfall der Stromversorgung und der Nebenkühlung sowie Ereignisse, die die Durchführung von Notfallmaßnahmen erschweren (z. B. erhöhte Strahlenbelastungen nach einer Kernschmelze) unterstellt werden. Die Prüfungen bezogen sich sowohl auf den eigentlichen Reaktor als auch die Brennelementlagerbecken.

Bei der Einschätzung der Robustheit einer kerntechnischen Anlage wurde besonderes Augenmerk auf sogenannte Cliff-Edge-Effekte gelegt. Der Begriff umschreibt den Zustand, wenn geringfügig höhere Lasten als in der Auslegung angenommen zu einer wesentlichen Verschlechterung im Ereignisablauf führen.

Aufgaben der GRS. Im Rahmen des Stresstests wurde die GRS von den Ländern mit der anlagenspezifischen Sicherheitsüberprüfung beauftragt. Sie organisierte federführend die erforderlichen Prüfungen aller deutschen Kernkraftwerke und führte sie zusammen mit anderen Fach- und Gutachterorganisationen (TÜV Nord, TÜV Süd, Ökoinstitut, Physi-



TÜVe: TÜV Nord En, TÜV Nord Sys, TÜV Süd IS, TÜV Süd ET
 PhB: Physikerbüro Bremen
 ESN: Energiesysteme Nord

Unter der Leitung der GRS setzten acht Teams den Stresstest bei Kernkraftwerken in Deutschland um (Abbildung: GRS)

kerbüro Bremen, EnergieSystemeNord, Stangenberg & Partner) durch (siehe Abbildung). Dazu wurden nach Vorgaben der RSK sieben Teams gebildet, die für verschiedene Themenbereiche anhand des Anforderungskatalogs der RSK jeweils alle 17 Kernkraftwerke untersuchten. Ein achttes Team stand für kurzfristig erforderliche Abschätzungen und Berechnungen zur Verfügung.

Prüferkriterien und Ergebnisse. Die Ergebnisse der einzelnen Teams wurden von der RSK bewertet. Da die untersuchten Einwirkungen und Postulate jenseits der nach dem kerntechnischen Regelwerk geforderten Lastannahmen lag, konnte für die Bewertung im Wesentlichen nicht auf die Kriterien des existierenden Regelwerks zurückgegriffen werden. Deshalb erarbeitete die RSK Kriterien, mit denen insbesondere die geforderte Robustheit ermittelt werden sollte. Wesentlich hierfür waren u. a. die Diversität und Redundanz sicherheitstechnisch bedeutsamer Komponenten, deren

räumliche Trennung und die vorhandenen Auslegungsreserven.

Die erste Phase der Sicherheitsüberprüfung wurde Anfang Mai 2011 abgeschlossen, Mitte Mai veröffentlichte die RSK ihre Bewertung. Darin stellte sie fest, dass hinsichtlich der Stromversorgung und der Berücksichtigung von Hochwasserereignissen die deutschen Anlagen im Vergleich mit dem Kernkraftwerk in Fukushima bessere Vorsorgemaßnahmen treffen.

Ausgehend von der Bauart oder dem Alter eines Kernkraftwerks ließen sich in der Betrachtung keine Rückschlüsse auf deren Robustheitsgrad ziehen. So wurden beispielsweise in älteren Anlagen häufig Notstandssysteme nachgerüstet, was sich in einem hohen Robustheitslevel widerspiegelte.

Die Ergebnisse der Sicherheitsüberprüfung durch die RSK führten unmittelbar zu Maßnahmen an deutschen Kernkraftwerken.

Europäischer Stresstest. Zusätzlich zu der in Deutschland durchgeführten Sicherheitsüberprüfung wurde vom Europäischen Rat im März ein »EU-Stress-Test« für alle Leistungsreaktoren in Europa gefordert. Damit waren die Atomaufsichtsbehörden aller EU-Mitgliedsstaaten aufgefordert, die kerntechnischen Anlagen ihres Landes hinsichtlich externer Ereignisse (Erdbeben, Hochwasser und Starkregen), Stromausfall und Notfallmaßnahmen zu prüfen und zu bewerten. Die inhaltlichen und terminlichen Anforderungen wurden von der European Nuclear Safety Regulators Group (ENSREG) vorgegeben.

In Deutschland umfasste die Überprüfung zusätzlich menschlich beeinflusste Ereignisse wie den Flugzeugabsturz, Gasexplosionen außerhalb der Anlage, terroristische Angriffe und den Einfluss von Unfällen in benachbar-

ten Anlagen und ging damit über den vorgeschriebenen Rahmen hinaus.

Arbeitsschwerpunkte GRS. Bei der Planung und Durchführung des EU-Stresstests in Deutschland hat die GRS das BMU durch die Teilnahme an Arbeitsgremien der ENSREG und der Western European Nuclear Regulators Association (WENRA) unterstützt, ebenso wie bei der Erstellung des nationalen Berichtes, der am 31. Dezember 2011 bei der EU eingereicht wurde.

Dieser enthält die Informationen der Betreiber zur sicherheitstechnischen Ausstattung ihrer Kernkraftwerke. Die GRS übernahm jeweils die Darstellung der technischen Anforderungen und deren Umsetzung in den deutschen Kernenergieanlagen für die Themenbereiche Auslösende Ereignisse, Ausfall der Sicherheitsfunktionen und Anlageninterne Notfallmaßnahmen.

Ergebnisse nationaler Bericht. Wie bereits in der Sicherheitsüberprüfung durch die RSK bestätigt, zeigte auch der nationale Bericht zum EU-Stresstest, dass die deutschen Anlagen einen hohen Robustheitsgrad aufweisen. Der Bericht enthält aber auch Anregungen für kontinuierliche sicherheitstechnische Verbesserungen der Kraftwerke, insbesondere im Bereich des Notfallschutzes.

Im Februar und März 2012 sind Überprüfungsmissionen (Peer Reviews) in den EU-Mitgliedsstaaten vorgesehen. Auch die Untersuchungen zur Sicherung, insbesondere im Bereich des Terrorschutzes, sind noch nicht abgeschlossen.

Die Veröffentlichung der Ergebnisse des EU-weiten Stresstests und daraus resultierende Maßnahmen plant die EU-Kommission für 2012.

Strukturmechanische Simulationen unter hochdynamischen Lastannahmen

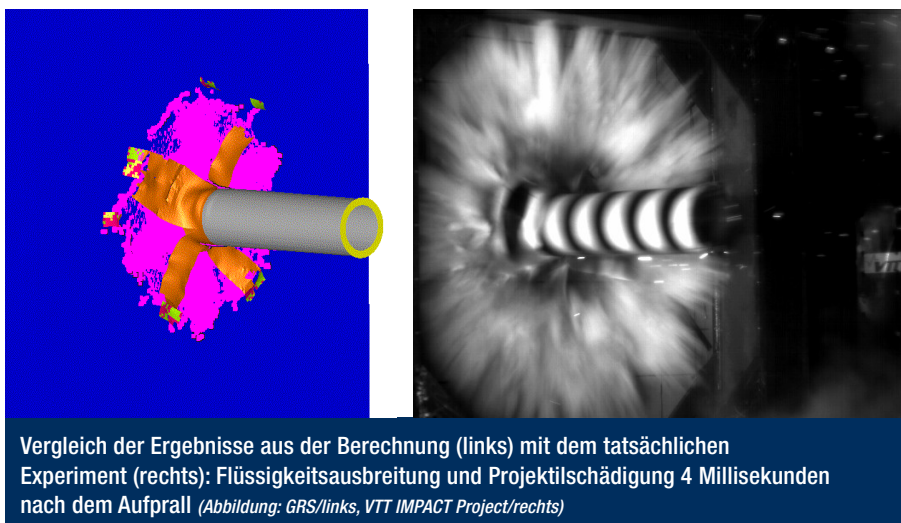
Um die Integrität, das heißt die Unversehrtheit, von Containmentstrukturen unter Aufprallbelastungen von außen bewerten zu können, werden vereinfachte Rechenmethoden weiterentwickelt und komplexe Simulationsprogramme erprobt. Diese müssen anhand experimenteller Daten aufwendig validiert werden.

Aufprallversuche. Dazu wurden in der GRS Berechnungen zu verschiedenen Aufprallversuchen durchgeführt. Insbesondere wurden Experimente betrachtet, die am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), bei der finnischen Sicherheitsorganisation VTT sowie bei den Sandia National Laboratories durchgeführt wurden. In diesen Versuchen wurden harte oder verformbare, teilweise auch mit Wasser gefüllte Versuchskörper beschleunigt, um Zielstrukturen aus Stahlbeton zu treffen und mehr oder weniger stark zu schädigen.

Es wurden Finite-Element-Modelle der Projektile und der Zielstrukturen entwickelt und Berechnungen mit dem Rechenprogramm ANSYS AUTODYN durchgeführt.

Bei einem der VTT-Versuche prallte ein wassergefülltes Stahlrohr (Masse ca. 50 kg) mit einer Geschwindigkeit von ca. 110 m/s auf eine zweiachsig gelagerte Stahlbetonplatte der Abmessungen 2,1 m x 2,1 m x 150 mm (siehe Abbildungen).

Ergebnisse. In den Simulationen zu diesem Versuch wurden die gemessenen Plattenverschiebungen bezüglich Auslenkung und Frequenz sehr gut wiedergegeben. Auch die Ausbreitung der Flüssigkeit und die Schädigung des Projektils während des Aufpralls konnten im Vergleich zum Experiment zufriedenstellend simuliert werden.



Untersuchungen, Stellungnahmen, Weiterleitungsnachrichten

Im Auftrag des *BMU* wertet die GRS Ereignisse in deutschen und ausländischen Kernkraftwerken und deutschen kerntechnischen Anlagen aus. Bei einigen Ereignissen ergibt die vertiefte sicherheitstechnische Betrachtung der GRS eine Relevanz für weitere Kernkraftwerke oder kerntechnische Anlagen. In diesem Fall verfasst die GRS zum Ereignis eine fachliche Stellungnahme, die Weiterleitungsnachricht.

Über die Auswertung von Betriebserfahrungen in Kernkraftwerken und kerntechnischen Anlagen hinaus beobachtet die GRS – soweit möglich – auch die Erfahrungen aus der nicht-nuklearen Industrie, wenn sie für Kernkraftwerke relevant sein können.

Lastfolgebetrieb deutscher Kernkraftwerke. Vor dem Hintergrund des zunehmenden Beitrags erneuerbarer Energieträger an der Stromversorgung und den damit verbundenen Schwankungen in der erzeugten Leistung hat die GRS im Auftrag des *BMU* Untersuchungen zu möglichen Auswirkungen eines ansteigenden Lastfolgebetriebs für deutsche Kernkraftwerke durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse haben zur Verbesserung von Entscheidungsgrundlagen für behördliche Prüfungen beigetragen.

Kühlwasserversorgung Cruas/Fessenheim. In den französischen Kernkraftwerken Cruas und Fessenheim war es zu Beeinträchtigungen der Kühlwasserversorgung aus dem jeweiligen Fluss gekommen. In einem Fall waren nach starken Regenfällen angeschwemmte Pflanzenteile die Ursache für die Beeinträchtigungen. Im anderen Fall waren Pflanzenreste durch die Inbetriebnahme einer Pumpe aufgewühlt worden und hatten Kühlstellen beeinträchtigt. Die GRS hat hierzu eine Stellungnahme veröffentlicht.



Kernkraftwerk Cruas-Meysse (Foto: Wikimedia Commons / Yelkrokoyade)

stuxnet. Im Juli 2010 hielt die Schadsoftware »stuxnet« Fachwelt und Öffentlichkeit in Atem. Die GRS analysierte in diesem Zeitraum die Meldungen des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik hinsichtlich ihrer Relevanz für Kernkraftwerke. stuxnet nutzt mehrere Sicherheitslücken im Microsoft-Betriebssystem Windows aus, um sich beispielsweise über Netzwerke oder mobile Datenträger wie USB-Sticks auf das Computersystem einzuschleusen. Auf infizierten Systemen sucht stuxnet gezielt nach bestimmten programmierbaren und rechnerbasierten Prozesssteuerungssystemen der Firma Siemens, die für verschiedene Aufgaben in der

■ Was ist eine Weiterleitungsnachricht?

Kommt es in einer in- oder ausländischen kerntechnischen Anlage zu einem Ereignis mit sicherheitstechnischer Bedeutung, so können die daraus ableitbaren Erkenntnisse und Betriebserfahrungen für den sicheren Betrieb deutscher kerntechnischer Anlagen von Interesse sein. Diese Ereignisse auszuwerten und ihre Übertragbarkeit auf deutsche bzw. – wenn es sich um ein Ereignis in einer deutschen Anlage handelt – andere deutsche Anlagen zu überprüfen, gehört zu den Aufgaben der GRS. Ergibt die Auswertung/Analyse, dass die Erkenntnisse übertragbar sind, verfasst die GRS im Auftrag des *BMU* dazu eine sogenannte Weiterleitungsnachricht (WLN). Sie wird nach Freigabe durch das *BMU* in dessen Auftrag an alle am Aufsichtsverfahren beteiligten Institutionen und Organisationen (u. a. Aufsichtsbehörden, Sachverständigenorganisationen) sowie an die Betreiber kerntechnischer Anlagen und an Hersteller verteilt.

Eine Aufstellung der in den Jahren 2010 und 2011 verfassten Weiterleitungsnachrichten findet sich auf Seite 33. ■

Prozesssteuerung auch in deutschen Kernkraftwerken eingesetzt sind. Grundsätzlich ist die Schadsoftware stuxnet in der Lage, die Prozessbearbeitung einer solchen Steuerung zu beeinflussen. Allerdings kann stuxnet die Funktionsweise eines Reaktorschutzsystems in deutschen Kernkraftwerken nicht beeinträchtigen, da dieses vollständig in nicht programmierbarer und nicht rechnerbasierter Technik aufgebaut ist.

Aufgrund der möglichen Relevanz auch für deutsche Kernkraftwerke verfasste die GRS dazu eine *WLN*. Sie enthielt neben den spezifischen Empfehlungen zum Umgang mit der Schadsoftware auch generelle Empfehlungen bezüglich der *IT*-Sicherheit in deutschen Anlagen.

RESA Kernkraftwerk H. B. Robinson. Im März 2010 kam es in Block 2 der amerikanischen Anlage H. B. Robinson zu einem Ereignis, mit dem sich die GRS intensiv befasst hat. Ausgelöst von einem Kabeldefekt traten im Abstand von ca. 4 Stunden zwei Brände auf Eigenbedarfsstromschienen der Anlage auf. Der nachfolgende Spannungseinbruch in weiten Teilen der elektrischen Eigenbedarfsversorgung führte über den Ausfall einer Hauptkühlmittelpumpe zur Reaktorschnellabschaltung (*RESA*) der Anlage und zog weitere Störungen in der Anlage nach sich (u. a. Auskühlung des Primärkreises). Das Ereignis wurde von der amerikanischen Aufsichtsbehörde *NRC* auf Stufe 2 der *INES*-Skala eingestuft. Diese recht hohe Einstufung des Ereignisses wurde insbesondere damit begründet, dass neben dem eigentlichen Fehler zusätzliche fehlerhafte Komponenten und Unzulänglichkeiten bei der Beherrschung der Störung durch das Schichtpersonal auftraten. Beispielsweise steht die Auslösung des zweiten Brandes direkt mit Schalthandlungen im Zusammenhang, die zu einer erneuten Einspei-



Prozesssteuerungskomponente Siemens Simatic S7-300
(Foto: Wikimedia Commons / Ulli1105)

lung auf den elektrischen Defekt und zur Auslösung eines hochenergetischen Lichtbogens führten.

Die GRS hat die Übertragbarkeit dieses Ereignisses auf deutsche Anlagen in einer *WLN* analysiert und bewertet. Die Analyse hat ergeben, dass die elektrische Energieversorgung der Anlage H. B. Robinson anders als in deutschen Anlagen aufgebaut ist und daher ein ähnlicher Fehler in einer deutschen Anlage zu einem anderen Ereignisablauf geführt hätte. Fehlfunktionen, die auf deutsche Anlagen übertragbar waren, sind zum Beispiel Lichtbögen und Brände aufgrund von Kurz- und Erdschlüssen in den elektrischen Schaltanlagen. Ebenfalls übertragbar waren schadhafte Kabelisolierungen und Ausfälle von Sicherungen sowie die Nichtverfügbarkeit von Kuppelschaltern in der elektrischen Eigenbedarfsversorgung.

Federstützen Kernkraftwerk Emsland. In einer weiteren *WLN* analysierte die GRS eine blockierte Halterung (Federstütze) einer Rohrleitung im Notkühlsystem des Kernkraftwerks Emsland, die u. a. Bewegungen von Rohrleitungen aufgrund von Wärmeausdehnung ermöglicht. Für Wartungsarbeiten können diese Halterungen blockiert werden. Im Kernkraftwerk Emsland waren die Blockierungen

an drei Rohrleitungshalterungen jedoch nicht aufgehoben worden.

Aus dem Ereignis konnten grundsätzliche Empfehlungen zur Durchführung regelmäßiger Prüfungen, sowie für Prüfungen nach Instandhaltungen und Revisionen abgeleitet werden.

Rissbefund im Kernkraftwerk Grafenrheinfeld. 2011 hatten Untersuchungen im Kernkraftwerk Grafenrheinfeld einen Rissbefund in einem Rohrleitungsstück (Stutzen mit Wärmeschutzrohr) zwischen einer Reaktorkühlmitteleitung und dem Druckhalter des Reaktorkühlsystems aufgezeigt. Bereits 2010 war bei Ultraschallprüfungen ein Befund an diesem Rohrleitungsstück festgestellt worden. Nach den anschließenden Untersuchungen ging man von einer Risstiefe von einigen Millimetern und einer Rissausdehnung über fast den gesamten Rohrleitungsumfang aus.

Jahr/ Monat	Weiterleitungsnachrichten (WLN)
2010/01	Anrisse im Dichtungsgehäuse der Hauptkühlmittelpumpe im Kernkraftwerk Biblis, Block B
2010/02	Meldepflichtiges Ereignis im Kernkraftwerk Brunsbüttel am 07.08.2009, Schaden an einem Notstromdieselaggregat nach Wartung
2010/03	Reaktorschnellabschaltung über niedrigen Dampferzeugerfüllstand aus Teillast im Kernkraftwerk Emsland am 24.07.2009
2010/04	Nichtschließen eines Sicherheits- und Entlastungsventils aufgrund einer Schwergängigkeit im zugehörigen Vorsteuerventil im Kernkraftwerk Krümmel am 28.08.2004 (endgültige Meldung 08.09.2009)
2010/05	Rückstände von Formierpapier in verschiedenen Systemen in den Kernkraftwerken Flamanville-1 (Frankreich) und Philippsburg-2
2010/06	Kontaktprobleme an Simulierschaltern auf Baugruppen des Typs XKU im Kernkraftwerk Isar-1 am 14.03.2008
2010/07	Malware auf speicherprogrammierbaren Steuerungen unter SIMATIC WinCC und SIMATIC PCS7
2011/01	Rissbefunde an den Reaktorwasserreinigungspumpen in den Kernkraftwerken Brunsbüttel und Isar-1
2011/02	Kleinstleckage an einer Entleerungsleitung am Dampferzeuger im Kernkraftwerk Neckarwestheim-2 am 28.09.2010
2011/03	Fehler am Generatorleistungsschalter des UNS-Notstromdiesels EY60 im Kernkraftwerk Brunsbüttel
2011/04	Meldepflichtiges Ereignis im Kernkraftwerk Grohnde am 15.04.2010 Fehlfunktion der Startwiederholung am Notspeise-Notstromdiesel GY50
2011/05	Anzeigen im Vorschuhende des Stutzens der Hauptkühlmitteleitung zur Volumenausgleichsleitung im Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
2011/06	Meldepflichtiges Ereignis im Forschungsreaktor München II am 01.04.2009 Funktionsstörung an der Krananlage SMA10 durch eine defekte Elektronikbaugruppe des Funksteuerempfängers
2011/07	Befunde an einer Zwischenkühlpumpe des Sicherheitskomponentenkühlsystems im Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block 2, am 08.10.2008
2011/08	Blockierte Federhänger/-stützen an Rohrleitungen im Kernkraftwerk Emsland, vorgefunden am 20.06.2010
Ergänzende WLN zu meldepflichtigen Ereignissen	
1999/02C	Ergänzung zur Weiterleitungsnachricht 1999/02 »Einschaltversagen eines Leistungsschalters aufgrund eines defekten Hilfsschützes im Kernkraftwerk Brunsbüttel am 17.10.2009«
2010/07a	Ergänzung zur Weiterleitungsnachricht 2010/07 »Malware auf speicherprogrammierbaren Steuerungen unter SIMATIC WinCC und SIMATIC PCS7«

Weiterentwicklung der Probabilistischen Sicherheitsanalysen (PSA)

Im Forschungsschwerpunkt Probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) hat die GRS Methoden für die praktische Durchführung einer PSA weiterentwickelt und erprobt, um so die Belastbarkeit von PSA-Ergebnissen weiter abzusichern und ihre Aussagesicherheit zu verbessern.

Softwarebasierte Leittechnik. Die GRS hat u. a. ihre Entwicklungsarbeiten zur Zuverlässigkeitsbewertung softwarebasierter Leittechnik fortgeführt. Im Rahmen der Konzeptentwicklung wurde der erste Entwurf eines vereinfachten generischen Leittechniksystems erstellt und in einem Fehlerbaum mit einem PSA-Code modelliert. In Zusammenarbeit mit der Ruhr-Universität Bochum hat die GRS eine Methode zur Quantifizierung softwarebasierter Leittechnik hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf die PSA überprüft.

Darüber hinaus konnten die Arbeiten zur Entwicklung eines Kognitionsmodells abgeschlossen werden. Damit kann nun ermittelt werden, welche wissensbasierten Eingriffe eine Störfallsituation erfordert und welche Kenntnisse vorhanden sind, die mit Hilfe der Problemlösungsstrategien zum erforderlichen Vorgehen zusammengesetzt werden können.

In einer weiteren Arbeit der GRS wurden für wissensbasierte Handlungen und für den Beitrag organisatorischer Faktoren zur menschlichen Zuverlässigkeit probabilistische Bewertungsmethoden entwickelt.

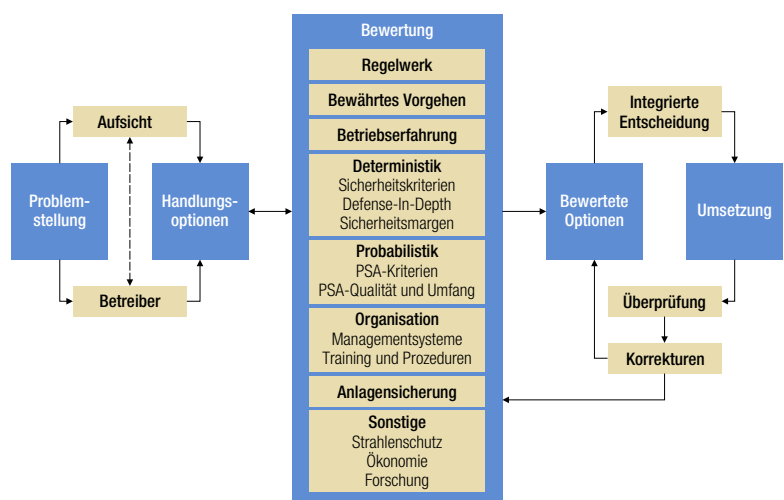
Sie erweitern den Bestand bereits empfohlener Methoden für die PSA deutscher Kernkraftwerke.

Risk-Informed Decision-Making. Mit dem Ziel, ein bundeseinheitliches Vorgehen bei der Bewertung sicherheitstechnischer Fragestellungen zu etablieren, entwickelte die GRS im Auftrag

des BMU eine Methode, um Ergebnisse probabilistischer Sicherheitsanalysen bei Entscheidungsprozessen nutzen zu können, sog. Risk-Informed Decision-Making (RIDM). Beispiele für den Einsatz von RIDM zur Entscheidungsfindung in der Aufsicht ist die sicherheitstechnische Bewertung von zeitlich begrenzten Freischaltungen während des Betriebs zur Durchführung von Änderungs- oder Instandhaltungsmaßnahmen.

Der internationale Stand der Anwendung von RIDM ist in einem Bericht der IAEA (INSAG-25) dokumentiert. Die Grafik zeigt Faktoren und Einflussgrößen. Insbesondere in den USA, der Schweiz und in Finnland kommt RIDM bereits zum Einsatz. Auch in Deutschland liegen erste Erfahrungen bei der Anwendung probabilistisch gestützter Entscheidungsprozesse vor.

Die Entwicklung eines Vorschlages für eine bundeseinheitliche Anwendung des RIDM-Ansatzes soll bis Ende Mai 2012 abgeschlossen sein.



Prozessschema RIDM

(Abbildung: GRS nach International Atomic Energy Agency, A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process, INSAG Series 25, IAEA, Vienna, 2011)

This is a translation of Figure 1 on p. 6 of A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process © International Atomic Energy Agency, 2011. This translation has been prepared by the Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH. The authentic version of this material is the English language version distributed by the IAEA or on behalf of the IAEA by duly authorized persons. The IAEA makes no warranty and assumes no responsibility for the accuracy or quality or authenticity or workmanship of this translation and its publication and accepts no liability for any loss or damage, consequential or otherwise, arising directly or indirectly from the use of this translation.)

Entsorgung

→ Das Ziel der Entsorgung radioaktiver Abfälle liegt darin, sie langfristig und sicher ein zuschließen und auf diese Weise von der Biosphäre fernzuhalten, um Mensch und Umwelt von der ionisierenden Strahlung abzuschirmen. Dazu wird in Deutschland die Strategie der Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Gesteinsschichten untersucht. Neben dem intensiv untersuchten Wirtsgestein Salz kommen dafür in Deutschland auch andere Gesteine in Frage. Die GRS bewertet als Gutachter- und Sachverständigenorganisation des Bundes und der Länder die Sicherheit möglicher Endlagerstandorte und forscht auf dem Gebiet der Endlagersicherheit.

Mithilfe von eigens entwickelten Modellen, Methoden und Instrumentarien sollen in der Endlagersicherheitsforschung die komplexen Prozesse in einem Endlager abgebildet werden, um so Aussagen über dessen Langzeitsicherheit treffen zu können. Zum Beispiel wird untersucht, welche Auswirkungen eine Eiszeit auf das Endlager hat oder wie sich radioaktive Stoffe in bestimmten Gesteinen ausbreiten. Ein Großteil dieser Forschungsarbeit für das Wirtsgestein Salz findet im Endlagerforschungszentrum der GRS in Braunschweig statt. Doch auch der Austausch mit Untertagelaboren im europäischen Ausland, in denen Tongestein und Granit als mögliche Wirtsgesteine untersucht werden, wird intensiv gepflegt.

Ob ein Standort sich für die Endlagerung radioaktiver Abfälle eignet, dafür gibt es strenge regulatorische Vorgaben. Beispielsweise sind Sicherheitsnachweise zum Betrieb und zur Langzeitsicherheit eines Endlagers zu führen. In diesem Prozess ist die GRS gutachterlich und beratend für den Bund und seine zuständigen Behörden tätig. Dies betrifft Aspekte des Abfallmanagements, ausgehend von der Zusammensetzung der Abfälle, deren Einlagerung bis hin zur Stilllegung eines Endlagers ebenso wie den entsprechenden Langzeitsicherheitsnachweis.

So war die GRS beispielsweise im Planungs- und Genehmigungsprozess zum Endlager Konrad eingebunden, in dem in einigen Jahren Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung eingelagert werden sollen.



Selbstverheilender Salzversatz (SVV)

Die Abdichtung von Strecken in Untertagedeponien bzw. Endlagern im Salz (u. a. gegen Lösungszutritte) ist ein wichtiges Element für den langfristigen sicheren Einschluss von chemisch-toxischen bzw. radioaktiven Abfällen.

Selbstverheilender Salzversatz. Im Rahmen eines gemeinsam vom *BMW* und *BMBF* finanzierten Vorhabens hat die GRS ein salzbasiertes Versatzmaterial und ein Verfahren zu dessen Einsatz entwickelt. Der selbstverheilende Salzversatz (SVV) aus wasserfreiem Magnesiumsulfat, vergrößert bei Kontakt mit Salzlösung durch die Wasseraufnahme sein Volumen und führt damit zur wirksamen Abdichtung von dahinter liegenden Gruben- und Hohlräumen. Ein weiterer Vorteil dieses sogenannten »arteigenen« Versatzmaterials ist, dass damit der Nachweis der Langzeitstabilität über lange Zeiträume im Vergleich zu konventionellen Baustoffen einfacher zu führen ist.

Das SVV-Material wurde 2004 europaweit patentiert und in den Folgejahren weiterentwickelt. Unter anderem konnte die bereits in Labortests bewiesene Wirksamkeit des SVV für Salinalgestein In-situ nachgewiesen werden.

Weiterentwicklung für Kalisalzgesteine. In einem 2011 abgeschlossenen Folgevorhaben sollte ein technisches Nachweiskonzept zur Abdichtung von Strecken und Bohrlöchern in Untertagedeponien und in Endlagern in Salzformationen entwickelt werden. Dafür wurden ergänzende Labormessungen, Messungen im Technikumsmaßstab und großmaßstäbliche In-situ-Versuche in den Salzformationen Carnallit und Tachhydrit, in den Bergwerken Asse und Teutschenthal durchgeführt.

In-situ-Versuche. Im Carnallit (einem Carnallit führenden Kaligestein) des Berg-

werks Asse wurde ein 6 m tiefes Bohrloch mit dem Durchmesser von einem Meter mit dem SVV verschlossen. Im Versuch zeigte sich, dass der SVV das Bohrloch und auch die zunächst durchlässige Auflockerungszone abdichtet.

Im Tachhydrit (einem Tachhydrit und Carnallit führenden Kaligestein) der Grube Teutschenthal wurde ein horizontales Bohrloch von 6 m Länge und 1,2 m Durchmesser mit dem SVV abgedichtet und gezeigt, dass eine zunächst durchlässige Auflockerungszone innerhalb von wenigen Wochen abgedichtet werden kann. Zu Beginn des Versuchs vorhandene permeable Zonen wurden mit der Zeit durch den Kristallisationsdruck des SVV von ca. 40 bar und durch die Gebirgskonvergenz weiter reduziert.

Fazit. Im Rahmen des Vorhabens wurde der wissenschaftliche und technische Nachweis erbracht, dass Abdichtbauwerke aus SVV zur Versiegelung von Endlagern für radioaktive Stoffe und von Untertagedeponien in allen Arten von Salzgesteinen gebaut werden können. Die Eigenschaften des Dichtmaterials SVV sind mit allen Arten von Salzgesteinen, d.h. mit Steinsalz, mit Carnallit und mit Tachhydrit kompatibel.

Die Ergebnisse aus dem Vorhaben können nun in ein Stilllegungskonzept für eine Untertagedeponie oder ein Endlager im Salzgestein mit einfließen, in dem die Langzeitstabilität der Baumaterialien im Vordergrund steht.



Bauphase: Einbau und Verdichten von Magnesiumsulfat In-situ (Foto: GRS)

Vergleich von Endlagersystemen in unterschiedlichen Wirtsgesteinen (VerSi)

Aufgrund ihrer Verschiedenartigkeit können weder Ton- noch Salzgestein per se als »das bessere Wirtsgestein« für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen favorisiert werden. Eine Entscheidung für oder gegen das eine oder andere kann also nicht allein auf Basis eines Wirtsgesteinsvergleichs getroffen werden. Vielmehr muss unter Berücksichtigung der spezifischen geowissenschaftlichen Gegebenheiten eines Standortes ein angepasstes technisches Endlagerkonzept entwickelt werden.

2006 startete das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) deshalb das Verbundprojekt »Durchführung vergleichender Sicherheitsanalysen für Endlagersysteme zur Bewertung der Methoden und Instrumentarien« (VerSi).

GRS-Arbeiten. Im Rahmen mehrerer Teilvorhaben war die GRS damit beauftragt:

- (1) eine Methode für den Vergleich von Endlagersystemen für wärmeerzeugende, hochradioaktive Abfälle zu entwickeln,
- (2) deren Durchführbarkeit exemplarisch anhand zweier Endlagersysteme im Salz und im Ton zu überprüfen und
- (3) eventuelle Grenzen der Vergleichsmethodik aufzuzeigen.

Annahmen und Vorgehensweise. Stellvertretend für das Wirtsgestein Salz wurde der Erkundungsstandort Gorleben ausgewählt. Aufgrund der bereits vorliegenden Erkundungsergebnisse, war eine ausführliche Datengrundlage vorhanden, die für einen Vergleich notwendig war. Der Vergleichsstandort im Tonstein wurde in einem der VerSi-Teilprojekte synthetisch generiert und charakterisiert.

Auf Basis dieser Annahmen wurde für beide Standorte jeweils ein adäquates Endlagerkonzept erstellt, ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich festgelegt und denkbare Szenarien für die Endlagersysteme entwickelt. Beispielsweise wurde in einem Szenarium von einer Eiszeit ausgegangen und die Frage gestellt:

Mit welchen Auswirkungen muss gerechnet werden, wenn ein Gletscher das Deckgebirge über einem Endlager teilweise abträgt oder beschädigt?

Vergleichsmethode. Für einen direkten Vergleich der beispielhaft ausgewählten Standorte wurde eine qualitative, auf Argumenten beruhende, und eine auf probabilistischen Langzeitsicherheitsanalysen basierende, quantitative Vergleichsmethode entwickelt. Beide Methoden wurden am Beispiel der Standorte Gorleben und des generischen Tonsteinstandorts angewandt, um ihre Effektivität und die Grenzen ihrer Aussagekraft zu ermitteln.

Die von der GRS entwickelten Methoden können als Basis für einen späteren realen Standortvergleich herangezogen werden. Beide Methoden ergänzen sich. So sind die Ergebnisse der qualitativen Analyse hilfreich bei der Definition von Szenarien und der Festlegung der Modellparameter für die quantitative Analyse. Im Umkehrschluss können die Ergebnisse der quantitativen Analysen Hilfestellung geben bei der Wichtung und Bewertung von Einflussgrößen der qualitativen Analyse.

Das Vorhaben VerSi wurde 2010 erfolgreich abgeschlossen.



Aufnahme eines Tongesteins (Quelle: Wikimedia Commons)

Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben (VSG)

Hinweis: Bitte beachten Sie, dass der vorliegende Text auf dem Projektstand von 2010/11 basiert und nicht die bei Veröffentlichung dieses Jahresberichts bereits geltenden neuen Zielsetzungen zur VSG enthält. Diese werden in den Jahresbericht von 2012 einfließen.

Um welche Änderungen es sich handelt, können Sie bereits jetzt auf der Internetseite der GRS nachlesen. <http://www.grs.de/vorlaeufige-sicherheitsanalyse-gorleben-vsg>

Die VSG startete 2010 und ist ein vom *BMU* gefördertes Forschungsvorhaben der GRS. Die GRS übernimmt dabei die wissenschaftliche und organisatorische Leitung und bearbeitet selbst den Hauptteil der Arbeitspakete.

Da für die Bearbeitung der VSG spezialisiertes Fachwissen unterschiedlicher Disziplinen notwendig ist, sind neben der GRS verschiedene Partner in das Projekt mit eingebunden, unter anderem die *BGR*, die *DBE TECHNOLOGY GmbH* und das Institut für Endlagerforschung der *TU Clausthal*.

Aufgaben und Ziele. Ziel des Vorhabens ist es, vor dem Hintergrund der bisherigen Erkenntnisse und unter Berücksichtigung sämtlicher bislang zum Standort vorliegender Fakten eine nachvollziehbare Einschätzung abzugeben, ob und gegebenenfalls unter welchen Umständen ein sicheres Endlager am Standort Gorleben möglich ist. Weiterhin sollen in der VSG der zukünftige Forschungs- und Erkundungsbedarf identifiziert und Endlagerkonzepte erstellt werden.

»Vorläufig« ist die Analyse, da sie lediglich eine Eignungsprognose auf heutigem Wissensstand darstellt und deshalb auch nicht die Nachweisführung in einem möglichen späteren Planfeststellungsverfahren ersetzt.



Luftaufnahme Erkundungsbergwerk und Zwischenlager Gorleben (Quelle: GRS/BLG)

Nach Abschluss der Studie Ende 2012 wird das *BMU* die Ergebnisse durch ein Team internationaler Experten bewerten lassen.

Arbeitsschritte. Die VSG besteht aus vier inhaltlich aufeinander aufbauenden Arbeitsschritten:

1. Grundlagen schaffen

In einem ersten Schritt werden die Grundlagen erarbeitet. Er umfasst eine geowissenschaftliche Beschreibung des Standorts und die Prognose seiner geologischen Entwicklung der kommenden eine Million Jahre. Die Basis hierfür bilden alle Daten, die seit Beginn der Erkundung bis zu deren Unterbrechung durch das Moratorium im Jahr 2000 ermittelt worden sind. Dabei geht es nicht nur um eine Zusammenstellung dieser Daten, sondern z. B. auch um die Bewertung ihrer Qualität.

Darüber hinaus sollen die Abfälle charakterisiert werden, die in Gorleben voraussichtlich eingelagert werden könnten. Diese Daten sind unter anderem für die Festlegung der Größe eines möglichen Endlagerbergwerks notwendig.

Ein weiterer Teil der Grundlagenarbeit ist es, ein Sicherheits- und Nachweiskonzept zu entwickeln. Es dient der Spezifizierung der für die VSG maßgeblichen »Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle« des *BMU*. Eine

der grundlegenden Anforderungen ist der dauerhaft sichere Einschluss der Radionuklide in einem »einschlusswirksamen Gebirgsbereich« der den Bereich um das Endlagerbergwerk im Salzgestein beschreibt. Dieser Bereich liegt tief im Innern des Salzstocks.

2. Endlagerkonzeption

Im zweiten Schritt der VSG werden konkrete Endlagerkonzepte entwickelt, die unter den Gesichtspunkten Betriebssicherheit, Langzeitsicherheit und Rückholung der Abfälle optimiert werden. Darin müssen etwa die Art der Lagerung (z. B. Strecken- oder Bohrlochlagerung) und der Behälter (z. B. Pollux) beschrieben werden.

3. Die Systemanalyse

Das Kernstück der Systemanalyse ist die Langzeitsicherheitsanalyse. In dieser Analyse wird untersucht, ob Radionuklide durch den Verbund der geologischen Barriere (d. h. das Steinsalz) mit geotechnischen Barrieren (z. B. Verschluss von Schächten oder Strecken) im einschlusswirksamen Gebirgsbereich dauerhaft sicher eingeschlossen werden.

Um Analysen für einen Zeitraum von einer Million Jahren durchführen zu können, ist es notwendig, mögliche Entwicklungen des Endlagersystems zu identifizieren. Grundlage hierfür bilden z. B. Prognosen zur geologischen Entwicklung am Standort und zur Veränderung im Salzgestein, die mit dem Bau und dem Betrieb eines Endlagers einhergehen. Hieraus werden Szenarien abgeleitet, die als Annahmen in die nachfolgenden Analysen einfließen. So werden beispielsweise die Auswirkungen von Eiszeiten auf das Endlager untersucht.

Für die Szenarien wird mittels spezieller geomechanischer und -hydraulischer Simulationsprogramme der Einfluss auf die Wirksamkeit der Barrieren ermittelt. Insbesondere

wird analysiert, ob die Schutzfunktion des einschlusswirksamen Gebirgsbereich erhalten bleibt.

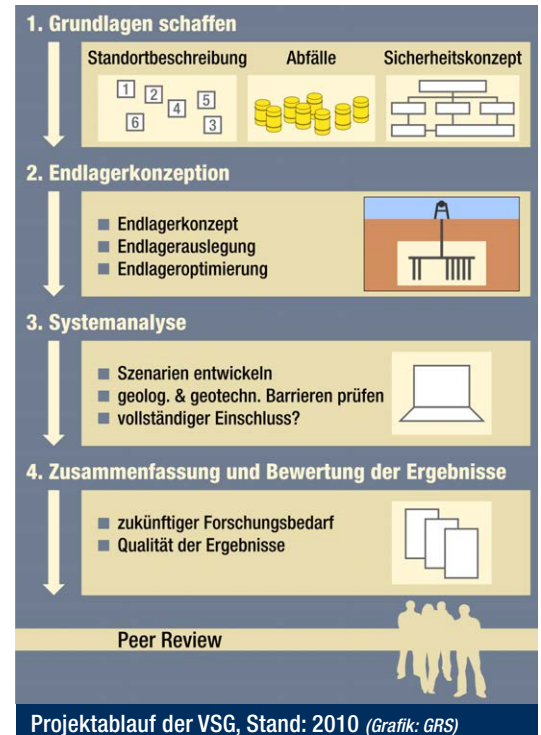
4. Synthese der Ergebnisse

Im letzten Arbeitsschritt der VSG werden die Erkenntnisse der vorangegangenen Untersuchungen zusammengefasst und hinsichtlich der Zuverlässigkeit der Aussagen bewertet. Anschließend werden entsprechend der Zielsetzung der VSG hauptsächlich folgende Ergebnisse herausgestellt: Zum einen wird auf Basis des heutigen Kenntnisstandes eine vorläufige Beurteilung über die Eignung des Standorts abgegeben; zum anderen werden der möglicherweise noch bestehende Forschungsbedarf identifiziert und Hinweise für eine weitere Erkundung gegeben.

Die Ergebnisse der VSG überprüft während der Bearbeitungszeit fortlaufend eine externe deutsche Expertengruppe.

Peer Review. Nach Abschluss der VSG überprüft darüber hinaus ein Team internationaler Experten die Ergebnisse der VSG hinsichtlich der methodischen Vorgehensweise, ihrer Plausibilität und Nachvollziehbarkeit.

Information der Öffentlichkeit. Während der Projektphase werden die Ergebnisse der sogenannten Arbeitspakete veröffentlicht. In Form von Berichten stehen sie der interessierten Öffentlichkeit auf den Internetseiten der GRS unter »[Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben](#)« zur Verfügung.



Strahlenschutz

➔ Mensch und Umwelt sind permanent einer natürlichen ionisierenden Strahlung ausgesetzt, die aus der Atmosphäre stammt und aus dem geologischen Untergrund freigesetzt wird. Durch zivilisatorische Entwicklungen, unter anderem durch die Forschung, die Nutzung der Kernkraft, industrielle Prozesse und medizinische Maßnahmen, ergibt sich zusätzlich eine zivilisatorische Strahlenexposition. Diese Strahlenexposition so gering wie möglich zu halten und Mensch und Umwelt vor den negativen Auswirkungen ionisierender Strahlung beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und anderen Strahlenquellen zu schützen, ist das übergeordnete Ziel des Strahlenschutzes. Um dieses Ziel zu erreichen, arbeitet die GRS im Strahlenschutz eng mit den Disziplinen Reaktorsicherheit und Entsorgung zusammen.

Zu den Aufgaben der GRS gehört es unter anderem, Modelle zur radiologischen Konsequenzanalyse zu entwickeln, mit denen sich die Ausbreitung luftgetragener radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre ermitteln lässt. Wie sich diese Stoffe in der Umwelt verhalten und welche Wechselwirkungen es gibt, zeigen radioökologische Untersuchungen. Beim angewandten Strahlenschutz steht der Schutz beruflich strahlenexponierter Personen im Vordergrund, bei dem die GRS Strahlenbelastungen analysiert, bewertet und gezielte Empfehlungen zu deren zukünftigen Reduktion ausspricht.

Um den Schutz der Bevölkerung außerhalb kerntechnischer Anlagen geht es beim Notfallschutz. In diesem Zusammenhang organisiert die GRS zum Beispiel realitätsnahe Übungen. Für den Transport von radioaktiven Abfällen, wie abgebrannte Brennelemente, Medikamente und sonstige Gebrauchsgüter, die radioaktive Stoffe enthalten, erstellt die GRS Transport-sicherheitsanalysen.

Mit dem Ausstiegsbeschluss des deutschen Bundestages aus der Kernenergienutzung rückt ein weiterer strahlenschutzrelevanter Aufgabenbereich der GRS stärker in den Mittelpunkt des Interesses: die Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Auch hierbei gilt es, Strahlenschutzmaßnahmen einzuhalten.



(Foto: © iStockphoto.com/Rade Lukovic)

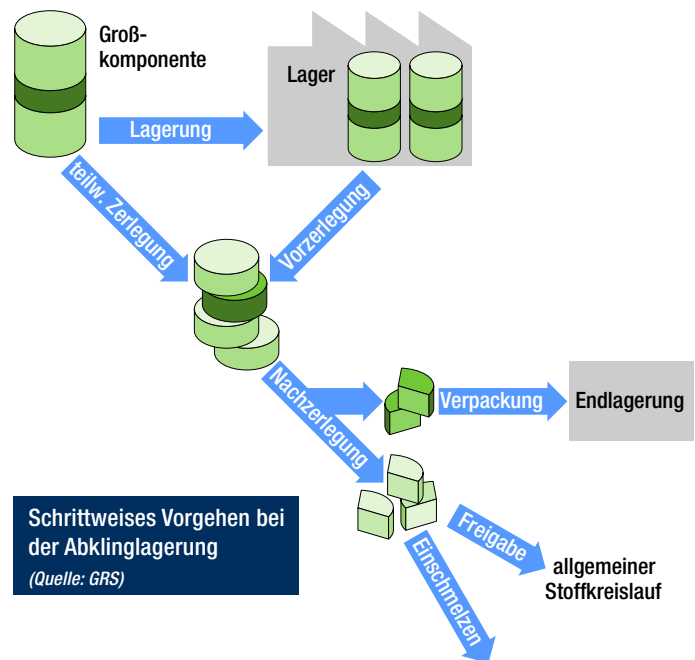
Abklinglagerung von Großkomponenten aus dem Rückbau von Kernkraftwerken

Eine wichtige Fragestellung beim Rückbau von Kernkraftwerken ist, ob sich durch Abklinglagerung von Großkomponenten anstelle eines direkten Rückbaus das Abfallvolumen und die Strahlenbelastung des Personals bei der Zerlegung reduzieren lassen. Eine entscheidende Rolle spielt dabei auch der Zeitraum, in dem die Abklinglagerung sicherheitstechnisch und wirtschaftlich durchführbar ist. Diese und andere Fragen zur Abklinglagerung hat die GRS in einem Vorhaben im Auftrag des *BMU* untersucht.

Arbeiten der GRS. Gemeinsam mit der Brenk Systemplanung GmbH untersuchte die GRS in einem ersten Schritt, welche Kriterien für die Abklinglagerung relevant sind und ob und wie sich das Verfahren optimieren lässt. Dazu wurde ein Reaktor mit allen Einbauten in einem Computermodell nachgebildet.

Die Berechnungen lieferten Informationen darüber, welchen Neutronenflüssen Anlagenteile während des Betriebs ausgesetzt waren. Darauf aufbauend konnte anschließend die Aktivierung der Komponenten bestimmt werden. Aktiviert ist Material dann, wenn es durch Beschuss mit Neutronen radioaktiv wird.

Dafür hat die GRS das Rechenverfahren *DORTAKTIV* entwickelt und getestet, bei dem verschiedene Computerprogramme zur Berechnung von Abbrand, Neutronentransport, Aktivierung und Dosisleistungen miteinander gekoppelt werden. Auf der Basis eines radial-symmetrischen Modells (*r-z*-Geometrie) werden die lokalen Neutronenflussverteilungen außerhalb des Reaktorkerns ermittelt und daraus die Aktivierung von Materialien bestimmt. Auch der Einfluss von geringen



Anteilen an Materialverunreinigungen auf die Aktivierung wurde dabei untersucht. In einem weiteren Schritt können daraus auch Werte für die Dosisleistung und deren Abnahme mit der Lagerzeit und die zu entsorgenden Mengen an radioaktiven Abfällen berechnet werden.

Ergebnisse. Die Validierung der Rechenmethode durch Vergleiche mit Messproben aus einem rückgebauten Kernkraftwerk haben bereits eine in Teilen ausreichende Übereinstimmung ergeben. Das Optimum aus Dosis und Entsorgungsmassenbilanz für einen generischen Druckwasserreaktor zeigt, dass bei

■ Was heißt Abklinglagerung?

Die Abklinglagerung ist eine Option, die bei der Stilllegung von Kernkraftwerken angewandt werden kann. Dabei werden die durch Neutronenbestrahlung beim Reaktorbetrieb stark aktivierten Großkomponenten – z. B. der Reaktordruckbehälter (RDB) oder die Dampferzeuger eines Druckwasserreaktors – im Ganzen ausgebaut und zwischengelagert. Da radioaktive Stoffe mit der Zeit zerfallen, nimmt während der Abklinglagerung die Radioaktivität dieser Komponenten ab. Nach einer entsprechend langen Lagerdauer können sie aufgrund der verringerten Radioaktivität und der dadurch geringeren Strahlenbelastung für das Abbaupersonal weniger aufwendig und mit vereinfachten Zerlegetechniken bearbeitet werden. ■

einer Abklingdauer von 50 bis 70 Jahren das gesamte Unterteil des Reaktordruckbehälters (RDB) endlagerunabhängig entsorgt werden kann. Dies kann durch Freigabe und kontrolliertes Einschmelzen erfolgen. Die Hauptaktivität geht dabei von nur wenigen Isotopen aus. Dominant sind *Co-60*, *Fe-55* und *Ni-63*. Demzufolge lässt sich die Aktivität der abklingenden Großkomponenten im Vorfeld durch geeignete Materialzusammensetzungen beeinflussen. Die Modellrechnungen haben außerdem gezeigt, dass die Methoden zur Ermittlung der Dosisleistungen und die Einschätzung des Kostenaspekts zur Bewertung der Abklinglagerung herangezogen wer-

den können und dass die Abklinglagerung eine echte Alternative zum direkten Rückbau darstellt.

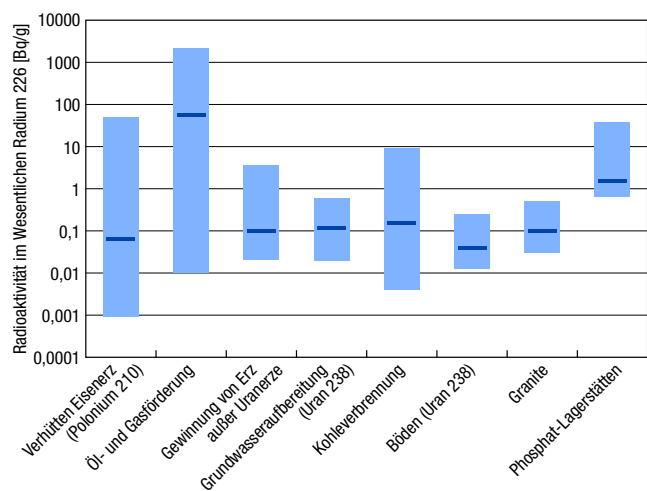
In Zukunft wird die GRS ihr Computermodell für eine verbesserte dreidimensionale Darstellung erweitern und Messdaten aus einem aktuell im Rückbau befindlichen deutschen Kernkraftwerken mit den Ergebnissen ihrer Rechnungen vergleichen. Anhand der Gegenüberstellung von Konzentrationen der Aktivierungsprodukte aus Rechnung und Messung kann die Belastbarkeit und Aussagekraft des Modells somit stetig überprüft und verbessert werden.

Transport radioaktiver Stoffe

Die Beförderung radioaktiver Stoffe ist – wie bei anderen Gefahrgütern auch – nur unter Beachtung spezieller Schutz- und Sicherheitsgrundsätze zulässig, die sich nach dem Gefährdungsausmaß richten. Die Strahlenschutz- und Sicherheitsanforderungen für die Beförderung radioaktiver Stoffe beruhen weltweit auf den Transportvorschriften der *IAEO*.

Die GRS war in mehrere Vorhaben zum Thema Transportsicherheit eingebunden.

Natürlich vorkommende Radionuklide. Im Auftrag des *BMU* hat die GRS in einem Co-ordinated Research Project der *IAEO* den Input von deutscher Seite geliefert. Im Vorhaben mit dem Titel »The Appropriate Level of Regulatory Control for the Safe Transport of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM)« sollten die für den Transport künstlicher radioaktiver Stoffe entwickelten Sicherheitsanforderungen hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf *NORM* überprüft werden. Gegebenenfalls sollten darüber hinaus modifizierte Sicherheitsanforderungen und Kriterien erarbeitet und fachlich begründet werden.



Beispiele für NORM-Vorkommen (Abbildung: GRS)

■ Was bedeutet der Begriff NORM?

Unter dem Begriff *NORM* (Naturally Occurring Radioactive Material) werden natürlich vorkommende radioaktive Materialien zusammengefasst. Aber auch Stoffe, in denen sich durch bestimmte Prozesse – z. B. in einzelnen Industriebranchen – natürliche Radionuklide anreichern, zählen dazu. Beispiele für natürliche Radionuklide sind Uran- und Thoriumisotope und ihre Zerfallsprodukte wie Radium aber auch das radioaktive Edelgas Radon.

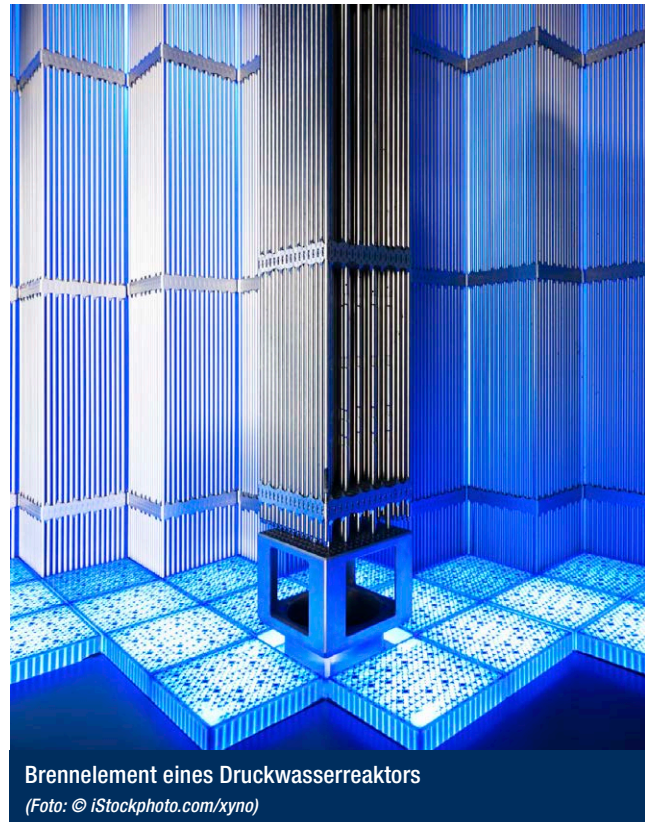
Die GRS analysierte und bewertete die Strahlenexposition des Personals, entwickelte Bewertungskriterien und Modelle zur Überprüfung der bestehenden Freibewerte für den Transport von *NORM* und definierte Sicherheitsanforderungen.

Auf Grundlage der Ergebnisse aller beteiligten Länder wurden abschließend Empfehlungen zu möglichen Änderungen der *IAEO*-Sicherheitsrichtlinie in Bezug auf den Transport von *NORM* erarbeitet.

Zwischenlagerung und Transport bestrahlter Brennelemente. Müssen Brennelemente, die in einem Kernkraftwerk bereits im Einsatz waren, transportiert werden, zum Beispiel in ein Zwischenlager, ist es aus Gründen des Strahlenschutzes wichtig, den Zustand des Kernbrennstoffs zu kennen. Dazu gehören auch Informationen zum Abbrand.

Im *BMU*-Vorhaben »Sicherheitsanalysen zu Zwischenlagerung und Transport bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle mittels qualifizierter Rechenverfahren« untersuchte die GRS den internationalen Stand der Validierung von Abbrand-Codes auf Basis der ermittelten Nuklidkonzentrationen. Besonderes Augenmerk legten die Forscher dabei auf Spaltprodukte und deren Einfluss auf die Kritikalität.

Zur rechnerischen Berücksichtigung des Abbrands bei der Kritikalitätssicherheitsanalyse von abgebranntem Kernbrennstoff, muss das Nuklidinventar zu dem für den Transport oder die Lagerung relevanten Zeitpunkt bekannt sein. Es kann mithilfe eines Inventarberechnungssystems (sog. Abbrand-Code) numerisch bestimmt werden.



Brennelement eines Druckwasserreaktors

(Foto: © iStockphoto.com/xyna)

■ Was versteht man unter Abbrand?

Der Abbrand eines Brennelements ist ein Maß dafür, wie viel Energie daraus gewonnen wurde. Der spezifische Abbrand wird häufig in der Einheit Megawatt-Tag je Tonne Schwermetall (Mwd/tSM) angegeben. Dieses Maß bezeichnet diejenige thermische Energie, die ein Kraftwerk mit einer Leistung von einem Megawatt an einem Tag pro Tonne eingesetztem Spaltmaterial (meist Uran) liefert. Für Leichtwasserreaktoren beträgt der spezifische Abbrand heutzutage typischerweise 50.000 bis 60.000 Mwd/tSM → Ein Mwd entspricht 24.000 Kilowattstunden.

Der Abbrand gibt darüber hinaus Hinweise auf die Zusammensetzung der Radionuklide im eingesetzten Brennstoff. Diese Zusammensetzung ändert sich während des Einsatzes eines Brennelements in einem Reaktor: Durch den Prozess der Kernspaltung entstehen neue Radionuklide, die sogenannten Spaltprodukte. Die Kenntnis der Zusammensetzung der Radionuklide in einem Brennelement ist u. a. Voraussetzung dafür, Art und Höhe der von dem Brennelement ausgehenden radioaktiven Strahlung zu ermitteln. ■

Im Rahmen des Vorhabens wurden Ergebnisse verschiedener Abbrand-Codes, darunter auch des GRS-Systems *KENOREST*, ausgewertet und verglichen. Darüber hinaus wurden Experimente nachgerechnet und eine detaillierte Kritikalitätsanalyse mit Abbrandberücksichtigung für ein generisches Modell eines Transportbehälters erstellt.

Die Vergleiche der Abbrand-Codes anhand einer typischen Kernbeladung eines Druckwasserreaktors (*DWR*) zeigen, dass das GRS-System *KENOREST* in seiner Genauigkeit anderen international anerkannten Abbrand-Codes entspricht und dass die errechneten Konzentrationen wichtiger Abbrand-Nuklide mit experimentellen Daten weitestgehend übereinstimmen.

Bei einzeln ermittelten Nuklidkonzentrationen (vor allem metallischer Spaltprodukte) lagen größere Abweichungen gegenüber den experimentellen Daten vor. Dieses Ergebnis zeigt sich auch bei anderen Abbrand-Codes und könnte auf größere Unsicherheiten in den Messwerten hindeuten.

Transport radioaktiver Stoffe im Straßenverkehr. Im Rahmen eines *BMU*-Vorhabens zur Sicherheit der Transporte von radioaktiven Abfällen untersucht die GRS, inwieweit die *IAEO*-Prüfbedingungen für Versandstücke das tatsächliche Unfallgeschehen im Straßenverkehr abdecken.

Dazu werden Verkehrsstatistiken und Berichte zum Unfallgeschehen von unterschiedlichen Organisationen gesichtet und miteinander verglichen – u. a. der *DEKRA*, des statistischen Bundesamtes, der Bundesanstalt für Straßenwesen, des *ADAC* und der »German in depth accident study«.

Ein Schwerpunkt der Arbeiten liegt in der Entwicklung eines Programms zur Berechnung der für den Transport relevanten Aktivitätsgrenzwerte (sogenannte *A*-Werte) sowie der Freigrenzen für radioaktive Stoffe unter Zugrundelegung der dafür in den jeweiligen Vorschriften verwendeten Modelle.



Betriebsabfallanlieferung im Zwischenlager Ahaus
(Foto: GNS)

Umweltschutz

➔ Auf den Gebieten Endlagersicherheitsforschung, Strahlenschutz und Reaktorsicherheit verfügt die GRS über mehr als 30 Jahre Erfahrung. Einige Methoden, die sich im Laufe der Zeit in diesen Arbeitsfeldern etabliert haben, finden mittlerweile auch Anwendung in Fachgebieten außerhalb der Kerntechnik.

Wenn es beispielsweise um die langfristige Sicherheit der untertägigen Entsorgung chemisch-toxischer Abfälle geht, untersucht die GRS unter anderem potenzielle geochemische und geotechnische Prozesse in einer Untertagedeponie bis hin zu möglichen Auswirkungen von Schadstofffreisetzungen in die Biosphäre. Auch im Rahmen der Untersuchungen zur untertägigen Lagerung von CO₂ kommen Methoden aus der Endlagersicherheitsforschung zum Tragen. Mit deren Hilfe können geochemische und geomechanische Prozesse in einer Lagerstätte untertage abgebildet und untersucht werden. So soll verhindert werden, dass das Treibhausgas aus der Lagerstätte entweicht und die Lagerung zu Umweltschäden führt.

Zu den jüngeren Aufgabenfeldern der GRS zählt die Geothermie. Hier können Wissen und Methoden zu geophysikalischen und geochemischen Prozessen eingebracht werden. Gleichzeitig kommen aber auch probabilistische Methoden zum Einsatz, die aus der Reaktorsicherheit abgeleitet wurden.

Auch Fragen zu Vorkommen und Verbreitung von Schadstoffen beschäftigen die GRS. Sie unterstützt beispielsweise internationale Strategien zur Vermeidung von Quecksilber und hat in Zusammenarbeit mit zwei weiteren Fachinstitutionen eine Studie zu diesem Thema veröffentlicht.



(Foto: wiki commons / Stodtmeister)

Geothermie

Einen Schwerpunkt der Arbeiten im Aufgabenfeld Geothermie bildet die Identifizierung und Analyse von geochemischen Prozessen, die sich nachteilig auf die Zuverlässigkeit einer Anlage auswirken können (z. B. Leistungsminderung durch Ausfällungen).

Die Forscherinnen und Forscher setzen dabei ihr Wissen und ihre Erfahrung aus den

klassischen Arbeitsfeldern der GRS, wie z. B. der Endlagersicherheitsforschung, der Anlagensicherheit oder dem Strahlen- und Umweltschutz ein. Konkret arbeitet die GRS derzeit an zwei vom *BMU* geförderten Projekten.

GeoDat. Im Verbundvorhaben *GeoDat* wird eine thermodynamische Datenbasis aufgebaut, mit deren Hilfe komplexe geochemische

Prozesse in tiefen geothermischen Schichten des norddeutschen Beckens berechnet werden können.

Die GRS bringt in dieses Vorhaben ihre Expertise bei der Ermittlung von Daten und Parametern für die thermodynamische Modellierung ein. Zur Ermittlung dieser Daten und Parameter steht das Geowissenschaftliche Labor der GRS am Standort Braunschweig zur Verfügung, das auf die besonderen experimentellen Anforderungen in Verbindung mit hochsalinaren Lösungen eingestellt ist.

Kooperationspartner der GRS in diesem Verbundvorhaben sind das Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungs-Zentrum und das Institut für Anorganische Chemie der Technischen Universität Bergakademie Freiberg.

GeoSys. Mithilfe einer umfassenden, interdisziplinären Systemanalyse werden im Projekt *GeoSys* Fortschritte und eventueller Handlungsbedarf im Bereich der Tiefen Geothermie aufgezeigt werden, um mittelfristig die Verfügbarkeit und Effizienz der Systeme zu verbessern und die Produktivität und Akzeptanz geothermischer Anlagen zu steigern.

Für die Systemanalyse werden zunächst die technischen und ökologischen Aspekte sowie die hierbei zu betrachtenden Schutzgüter (menschliche Gesundheit, Boden, Wasser, Sachgüter etc.), Prozesse und Wirkfaktoren (Emissionen, geomechanische Ereignisse, Aspekte der Arbeitssicherheit etc.) identifiziert sowie verfügbare Daten analysiert und dokumentiert. Die Arbeiten werden begleitet von einer systematischen Untersuchung des Rechtsrahmens in Bezug auf die geothermische Energiegewinnung, der sich aus Gesetzen/Verordnungen, Verwaltungspraxis, untergesetzlichen Regelwerken und Richtlinien zusammensetzt.



Produktions- und Injektionsbohrung einer Geothermieranlage (Foto: geo x GmbH)

Die Erkenntnisse der Untersuchungen bilden die Basis für detailliertere Analysen zur geothermischen Energieerzeugung. Dafür werden konkrete Phänomene in bestimmten Betriebsphasen ausgewählt. Im Rahmen der Analysen werden sowohl mögliche Anlagenzustände als auch potenzielle Auswirkungen dieser Anlagenzustände auf Schutzgüter in der Umgebung untersucht. Ein denkbarer methodischer Ansatz könnte die *PSA* sein, welche die GRS auch bereits in der Reaktorsicherheitsforschung erprobt und eingesetzt hat.



Vorheiz- und Verdampfer (Foto: geo x GmbH)

Studie zur CO₂-Speicherung

Um das klimaschädliche Kohlendioxid (CO₂) zu reduzieren, arbeiten Forscher weltweit an Methoden, das Treibhausgas zum Beispiel aus den Rauchgasen bei der Kohleverstromung abzuspalten und zu speichern.

CCS. Für den Vorgang der Abspaltung und Speicherung von CO₂ hat sich der englische Terminus Carbon dioxide Capture and Storage – kurz CCS – eingebürgert. Welche Varianten für eine Speicherung von abgespaltenem CO₂ in Frage kommen und welche Voraussetzungen eine Lagerstätte erfüllen muss, hat die GRS in einem vom BMBF geförderten Vorhaben untersucht.

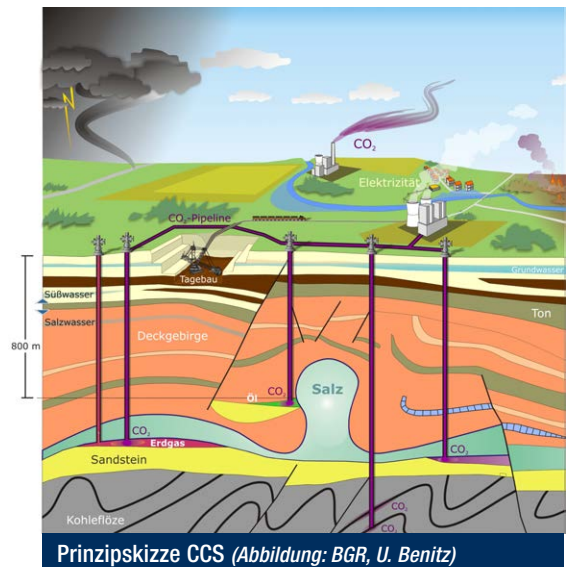
Studie. Im Rahmen einer »[Lanzeitsicherheitlichen Bewertung der CO₂-Untergrundspeicherung](#)« wurden die langfristig möglichen Auswirkungen einer CO₂-Speicherung untersucht und bewertet. Dabei wurde die CO₂-Menge, die bei einem 40-jährigen Betrieb eines modernen, mit Braunkohle betriebenen, Doppelblockkraftwerkes mit 2 x 800 Megawatt elektrischer Leistung anfällt, zugrunde gelegt.

Lagerstätten. Als mögliche Lagerstätten für CO₂ kommen in Deutschland in erster Linie abgebaute unterirdische Rohstoff-Lagerstätten (z. B. Kohle, Erdöl, Erdgas) sowie Aquifere ab einer Tiefe von ca. 800 m in Frage – wobei die Aquifere das größte Speicher-Potenzial aufweisen. Ihre Gesteinsporen sind oft mit salzhaltigem Grundwasser gefüllt und der in der Tiefe herrschende Druck sorgt dafür, dass die Dichte des CO₂ der des Salzwassers ähnelt. Das CO₂ kann deshalb das Salzwasser verdrängen und sich in den Gesteinsporen einlagern. Die CO₂-Speicherung in tiefen Aquiferen kann für einen Zeitraum von einigen Hundert bis Tausend Jahren simuliert werden – trotzdem weist die GRS-Studie auf einen erheblichen

Forschungsbedarf hin. So ist beispielsweise noch unklar, wohin das aus den Aquiferen verdrängte Salzwasser gelangt. Es sollte zum Beispiel ausgeschlossen werden, dass das Salzwasser oder Kohlendioxid in das als Trinkwasser genutzte oberflächennahe Grundwasser gelangt oder an der Erdoberfläche austritt.

Die Studie zeigt außerdem, dass der durch die CO₂-Einspeisung ausgelöste Druckanstieg sich auf ein weitaus größeres Grundwasservolumen auswirkt, als ursprünglich angenommen. Die Forscher gehen in ihren Simulationen weiterhin davon aus, dass sich das injizierte CO₂ aufgrund des entstehenden Drucks in der Lagerstätte über einen langen Zeitraum im Untergrund ausbreitet, was Auswirkungen auf das Speicherpotenzial von Aquiferen hat.

Randbedingungen. Großer Forschungsbedarf besteht auch hinsichtlich der mechanischen, hydraulischen und chemischen Randbedingungen und Prozesse in Aquiferen, um mithilfe neuer Methoden und Modellierungen die Sicherheit der CO₂-Speicherung nachgewiesen werden kann.



Studie zu quecksilberhaltigen Produkten in Entwicklungs- und Transformationsländern

Bei Fragestellungen im Bereich internationaler Chemikaliensicherheit unterstützt die GRS das *BMU*. Unter anderem ist sie im Rahmen des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (*UNEP*) an Projekten zur Senkung des von Quecksilber hervorgerufenen Umwelt- und Gesundheitsrisiken beteiligt.



Studie. Auf internationaler Ebene wird vermehrt eine globale Regelung für den Umgang mit Quecksilber gefordert. Vor dem Hintergrund dieser Diskussionen hat die GRS im Auftrag des *BMU* zusammen mit der tschechischen Umweltorganisation Arnika und dem internationalen Netzwerk zur Eliminierung persistenter organischer Schadstoffe *IPEN* (International POPs Elimination Network) 2010 eine [Studie](#) zu quecksilberhaltigen Produkten in Entwicklungs- und Transformationsländern durchgeführt.

Ziel. Im Rahmen der Studie wurden Informationen über Verfügbarkeit, Nutzen und Kosten quecksilberhaltiger Produkte im Vergleich zu quecksilberfreien Produkten gesammelt und analysiert. Um ein möglichst breites Bild der globalen Situation zu erhalten, wurden Datenerhebungen in Ländern Afrikas, Asiens, Osteuropas und Lateinamerikas durchgeführt. Untersucht wurden vier Produktgruppen:

- /// Thermometer und Blutdruckmessgeräte,
- /// Zahnfüllungen aus Amalgam,
- /// Bleichcremes und
- /// Batterien.

Auch die Verbreitung, Verwendung und die Kenntnisse über Risiken von quecksilberhaltigen Produkten bzw. mögliche Alternativen wurden untersucht.

Ergebnis. Der Einsatz quecksilberhaltiger Produkte ist zwar rückläufig – so das Ergebnis der Studie – aber immer noch weit verbreitet. Ein Bewusstsein für die mit Quecksilber verbundenen Risiken ist in vielen Entwicklungs- und Transformationsländern jedoch bereits vorhanden, zum Beispiel dann, wenn behördliche Vorgaben existieren, wonach die Inhaltsbestandteile von Produkten deklariert sein müssen.

Alternativen zu quecksilberhaltigen Produkten gibt es in jeder der untersuchten Produktgruppen. In Europa und Nordamerika verdrängen sie quecksilberhaltige Produkte zunehmend oder haben diese schon vollständig ersetzt – wie zum Beispiel das quecksilberhaltige Fieberthermometer. In Entwicklungs- und Schwellenländern wird der Umstieg auf quecksilberfreie Alternativen häufig noch durch hohe Preise und mangelnde Verfügbarkeit der alternativen Produkte erschwert. Die Studienergebnisse zeigen zudem, dass die fehlende Kennzeichnung auf Produkten eine gesundheitsbewusste Kaufentscheidung oft unmöglich macht.

Bei der Verwendung von quecksilberhaltigen Amalgamfüllungen in der Zahnheilkunde sind die in der Studie untersuchten Entwicklungs- und Transformationsländer Europa allerdings einen großen Schritt voraus. Amalgam wird dort bereits seit Jahrzehnten nicht mehr eingesetzt.

Workshop zur Untertagedeponierung chemisch-toxischer Abfälle

Aufgrund ihrer jahrzehntelangen Erfahrung in der Endlagersicherheitsforschung und der Langzeitsicherheitsanalyse von Endlagern für radioaktive Abfälle war die GRS bis Ende 2011 vom BMBF auch mit Forschungsarbeiten zur Untertagedeponierung chemisch-toxischer Abfälle beauftragt. In Rahmen dieser Vorhaben befasste sie sich unter anderem mit der Zusammensetzung chemisch-toxischer Abfälle und mit geochemischen und geotechnischen Prozessen in einer Untertagedeponie.

Chancen und Risiken. Welche Chancen und Risiken die Untertagedeponierung chemisch-toxischer Abfälle mit sich bringt, diskutierten internationale Experten auf dem Workshop »Underground Disposal of Hazardous Waste« im November 2010 am GRS-Standort Braunschweig. An der Veranstaltung, die von der GRS gemeinsam mit dem BMU organisiert wurde, nahmen mehr als 100 Fachleute aus 15 verschiedenen Ländern teil.

Unterirdische Entsorgung. Das Konzept für eine kontrollierte unterirdische Entsorgung in Salz- oder Kalibergwerken gilt heute international als besonders sicherer Weg, chemisch-toxische Abfälle dauerhaft von Mensch und Umwelt fernzuhalten. Das war nicht immer so: In Deutschland und Europa beispielsweise stieß das Konzept erst auf Interesse, als das Umweltbewusstsein und die Sorge um mögliche Gesundheitsschäden in der Bevölkerung wuchsen. Daraufhin wandelten sich zunächst die rechtlichen Auflagen und darauf folgend das gesamte Abfallsystem.

Schwellenländer. Chemisch-toxische Abfälle sicher zu entsorgen, stellt insbesondere Schwellenländer vor große Herausforderungen. Ein Ziel des Workshops war es deshalb, zu diskutieren, inwieweit europäische Ent-

sorgungskonzepte auch in diesen Ländern angewandt werden können. Insbesondere die Verantwortlichen der Länder Asiens und Lateinamerikas sollten auf diesem Workshop Anregungen für eigene Entsorgungskonzepte erhalten. Denn nicht zuletzt fehlendes Know-how führt in vielen Fällen dazu, dass die Abfälle entweder vor Ort unsicher gelagert oder aber zur Deponierung ins Ausland gebracht werden. Aus diesem Grund ist der GRS ein stetiger Erfahrungsaustausch auf internationaler Ebene wichtig, wie ihn der Workshop ermöglichte.

Darüber hinaus waren beim Untertage-workshop in Braunschweig auch aktuelle Erkenntnisse aus Forschung und Praxis Bestandteil der Tagesordnung. Darunter das Management gefährlicher Abfälle in Deutschland, die rechtliche Grundlagen, die Kriterien der Standortwahl, die Charakterisierung und Konditionierung von Abfällen, die Umsetzungskonzepte sowie technische Barrieren.



GRS-Workshop zur Untertagedeponierung chemisch-toxischer Abfälle – Vortragssaal im historischen Gewandhaus in Braunschweig (Foto: GRS)

Internationale Projekte

➔ Nukleare Sicherheit ist eine globale Herausforderung und verlangt daher die intensive Zusammenarbeit und den Austausch im nuklearen Bereich. Wesentliche Ziele dieser Zusammenarbeit sind die Harmonisierung des Sicherheitsverständnisses im Bereich der Kernenergie, der gegenseitige Erfahrungsaustausch und die Weiterentwicklung des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik. Durch den Aufbau und die Pflege von internationalen Kooperationen, Netzwerken und Gremienarbeit, gestaltet die GRS diese Prozesse aktiv mit.

Die GRS ist international im Rahmen von mehr als 30 Kooperationsverträgen tätig und unterstützt und fördert als Gründungsmitglied des ETSON-Netzwerkes die europaweite Bewertung, Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit. Das ETSON-Netzwerk wächst stetig und vereint aktuell neun TSO unter einem Dach, die in Expert Groups und auf Forschungs-Plattformen u. a. gemeinsame Sicherheitsbewertungsmethoden und Forschungsprojekte vorantreiben. Insbesondere mit der französischen TSO IRSN arbeitet die GRS eng zusammen. Schwerpunkt der gemeinsamen Arbeiten ist die Reaktorsicherheitsforschung.

Gefördert von deutschen Auftraggebern, ist die GRS in erster Linie für das BMU in Mittel- und Osteuropa tätig und trägt dort zur Verbesserung der installierten Sicherheitsstandards und zum Aufbau und der Stärkung unabhängiger atomrechtlicher Behörden bei.

Ein stetig wachsendes Marktsegment stellen die Anfragen ausländischer Aufsichts- und Genehmigungsbehörden dar, die die GRS aufgrund ihrer Expertise bei gutachterlichen Stellungnahmen oder zur Unterstützung in Genehmigungsprozessen immer öfter mit Projekten beauftragen.

Arbeiten für die finnische Anlage Loviisa

In 2010 und 2011 wurde die GRS mit der Überprüfung des Architekturkonzeptes des Leittechniksystems und der Bewertung des Designs, der Ergonomie und der Mensch-Maschine-Schnittstelle der Warte im Kernkraftwerk Loviisa (Finnland) beauftragt.

Fortum, der finnische Betreiber zweier Kernkraftwerke vom russischen Druckwasserreakortyp WWER in Loviisa, plant in beiden Anlagen, die Leittechniksysteme und die Mensch-Maschine-Schnittstellen zu optimieren.



(Foto: © iStockphoto.com/Tommel)

Leittechniksystem. Das neue Leittechniksystem soll softwarebasiert aufgebaut werden. Dazu wurde von Fortum ein Konzept für das Design, das Notfallmanagement und die Vorrangsteuerung aufgestellt, der sogenannte conceptual design plan.

In einem ersten Teilprojekt war es Aufgabe der GRS, das von Fortum erstellte Konzept hinsichtlich Nachvollziehbarkeit und Plausibilität zu begutachten. Das Hauptaugenmerk lag auf der Auslegung gegen systematische Fehler.

Ein zweites Teilprojekt beinhaltete die vom Hersteller vorgeschlagene Architektur des Leittechniksystems. Ein wesentlicher Punkt dabei war, ob die von Fortum genannten Anforderungen bezüglich Diversität und Unabhängigkeit der Teilsysteme erfüllt werden. Des Weiteren wurde das vom Hersteller des Leittechniksystems vorgeschlagene Konzept zur Vorrangsteuerung bewertet.

In einem weiteren Teilprojekt war es Aufgabe der GRS, die Diversität zweier Druckmesumformer zu bewerten, die im neuen Leittechniksystem eingesetzt werden sollen.

Design der Warte. Im Zuge der Umrüstung des Leittechniksystems werden auch die Warte und die Notsteuerstelle erneuert. Die neue Warte soll mit Touch-Panels aufgebaut werden. Konventionelle, verdrahtete Bedienpulte werden als Backup eingesetzt. In einem Bericht für die finnische Aufsichtsbehörde *STUK* hat Fortum Anforderungen an die Warte entwickelt. So plant Fortum die neue Warte nicht nur nach den Anforderungen des finnischen Regelwerkes, sondern auch nach den Empfehlungen der *IAEO* und der Aufsichtsbehörde der *U.S. NRC* zu gestalten.

In einem Teilprojekt war es Aufgabe der GRS, zu überprüfen, ob Fortum für das Design der Warte die aktuellen Anforderun-



Das finnische Kernkraftwerk Loviisa
(Foto: Fortum, Loviisa nuclear power plant)

gen ausgewählter internationaler Regeln und Richtlinien (*ISO*, *IAEO* und *NUREG*) berücksichtigt hat.

Als Unterauftragnehmer hat die französische Partnerorganisation *IRSN* ihre Erfahrungen mit den französischen N4-Kernkraftwerken (Kraftwerke der 4. Generation) für die Mensch-Maschine-Schnittstellen eingebracht.

Die GRS hat in einem ersten Schritt die international geltenden Anforderungen bezüglich des Designs, der Ergonomie und der Mensch-Maschine-Schnittstelle von Warten gesichtet, bewertet und themenspezifisch zusammengefasst. Die Ergebnisse wurden Fortum detailliert vorgestellt und in Abschlussberichten dokumentiert.

Der Betreiber wird die Auswertung der GRS bei der weiteren Planung der Warte und Notsteuerstellen berücksichtigen und es ist ange-dacht, dass die GRS diese Planung weiterhin begleitet.

Störfallanalyse für die britische Health and Safety Executive, Office of Nuclear Regulation (HSE/ONR)

Die GRS unterstützte seit Ende 2009 die britische Behörde HSE beim Generic Design Assessment (GDA) für die von AREVA und Westinghouse dafür eingereichten Designs für die Reaktortypen EPR und AP-1000.

Im Rahmen des GDA sollte das Verhalten der Reaktoren in typischen Betriebszuständen und bei festgelegten Störfall-Szenarien simuliert werden. Ziel war es zu überprüfen, wie sich die verschiedenen Anlagentypen und -Komponenten unter den von HSE genannten Analyse- und Rahmenbedingungen verhalten.

ATHLET. Dazu wurden unter anderem Anlagendatensätze für das bei der GRS entwickelte thermohydraulische Rechenprogramm ATHLET erstellt. Mit ATHLET analysiert die GRS das gesamte Spektrum von Lecks und Transienten in Druck- und Siedwasserreaktoren. Die im Auftrag der HSE betrachteten Störfälle waren zum Beispiel ein 20 cm²-Leck im kalten Strang einer Hauptkühlmittelleitung mit Ausfall der Mitteldruckeinspeisung sowie ein Notstromfall und der Ausfall des Speisewassersystems – jeweils mit Ausfall der Reaktorschnellabschaltung.

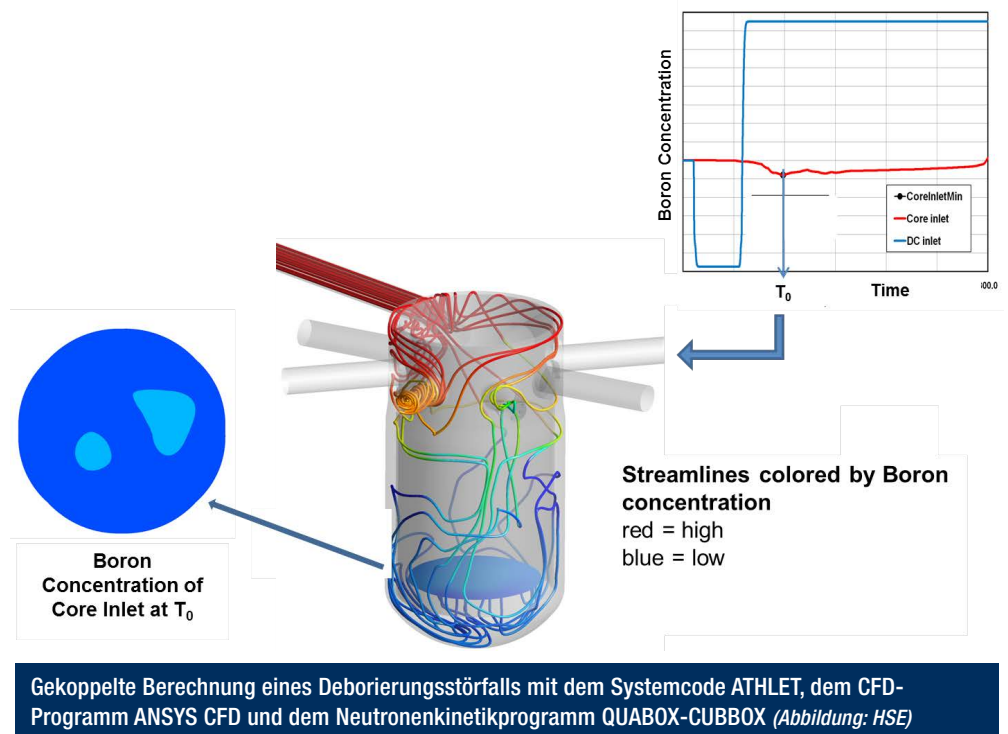
Analysen. Voll gekoppelte thermohydraulische und neutronenkinetische Rechnungen, die bei Reaktivitätsstörfällen heute unverzichtbar sind, waren für den Auftraggeber von besonderem Interesse. Außerdem führte die GRS detaillierte dreidimensionale Strömungsberechnungen durch.

In einem weiteren Schritt wurden die Analyseergebnisse der Hersteller Westinghouse und AREVA mit den von ATHLET ermittelten Werten verglichen. Mit dem Ergebnis, dass trotz Verwendung unterschiedlicher Programme die ermittelten Daten weitgehend übereinstimmen.

Ergebnis. Die GRS hat für beide Reaktortypen und alle physikalisch und qualitativ von HSE geforderten Analyse- und Rahmenbedingungen qualifizierte Störfallanalysen berechnet.

Die Herausforderung, für die mehr als 80 beteiligten Sachverständigen lag zum einen, in der Bewertung von Reaktoren mit neuartigen Sicherheitseinrichtungen und zum anderen, in den Methoden, die neueste Erkenntnisse aus der Forschung mit einbezogen.

Insgesamt waren auf Seiten der GRS über drei Jahre hinweg mehr als 80 Sachverständige an der Bearbeitung der über 30 Arbeitspakete aus unterschiedlichen Fachbereichen beteiligt.



Bewertung neuer Reaktorkonzepte

Seit 2008 analysiert und bewertet die GRS im Rahmen eines *BMU*-Vorhabens den Stand von Wissenschaft und Technik bei der Entwicklung neuer Reaktorkonzepte. Ziel der Arbeiten ist die fachliche Verfolgung der neuen Entwicklungen in der Sicherheitstechnologie und deren Umsetzung in Anlagen neuester Generation. Aber auch die Übertragbarkeit sicherheitstechnischer Lösungen auf die in Betrieb befindlichen Anlagen wird in diesem Zusammenhang untersucht.

Sicherheitstechnische Eigenschaften. Im Rahmen des Vorhabens untersucht die GRS die Charakteristika verschiedener Reaktor-Baulinien insbesondere hinsichtlich ihrer sicherheitstechnischen Eigenschaften. Bei den Bewertungen konzentrierte man sich auf die wichtigsten internationalen Trends im Rahmen der Entwicklung von Reaktorkonzepten der sogenannten 3. Generation. Im Berichtszeitraum wurden u. a. Untersuchungen zu passiven Systemen, zum Containment-Verhalten bei schweren Störfällen sowie zur Beherrschung eines Kernschmelzunfalls abgeschlossen.

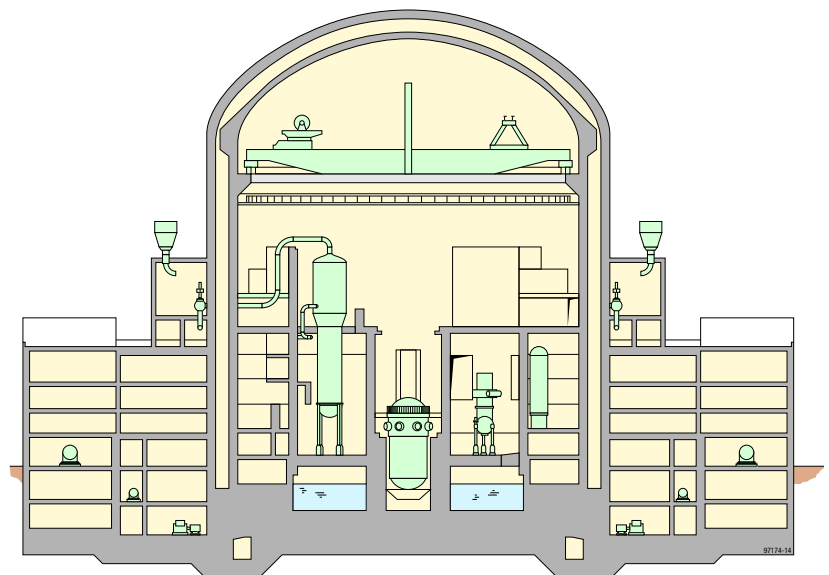
Generell wurden auch die Anforderungen in den jeweiligen Genehmigungsverfahren zur Bewertung herangezogen.

Internationale Kooperationen. Im Rahmen des Vorhabens kooperierte die GRS eng mit ausländischen Behörden, Forschungseinrichtungen und *TSO*. Zudem bezog sie Erkenntnisse aus der Teilnahme an internationalen Gremien mit ein und wertete die dort erzielten Ergebnisse aus. Dabei wurden beispielsweise auch Aktivitäten von internationalen Gruppierungen (wie *MDEP*, *WGRNR*, *GIF*, *INPRO* oder *SNE-TP*) mit Bezug zum Bau oder Design neuer Reaktoranlagen berücksichtigt und der Ausbau entsprechender Netzwerke verfolgt.

Sonderbericht Fukushima. Vor dem Hintergrund des Unfalls im japanischen Kernkraftwerk Fukushima Daiichi wurde zusätzlich zur ursprünglichen Zielsetzung des Vorhabens ein Sonderbericht zu ausgewählten Fragen bezüglich der Sicherheit neuer Reaktorkonzepte erstellt. Im Fokus stand dabei die Untersuchung derjenigen Systeme, die auf Sicherheitsebene 4 für die Beherrschung der Unfallfolgen und die Einschränkung der Auswirkungen eines Unfalls auf die Anlage zuständig sind.

Mit der Anfertigung des Sonderberichts und der damit verbundenen Anpassung des Arbeitsprogramms wurde auf die besondere Tragweite des Unfalls in Fukushima reagiert. Es zeigte sich darüber hinaus, dass die bereits angefertigten Untersuchungen durch die Erkenntnisse aus dem Sonderbericht sinnvoll erweitert werden konnten.

Das Vorhaben zur Bewertung neuer Reaktorkonzepte läuft noch bis März 2012.



Tschernobyl-Projekte im Auftrag der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBRD)

In den Jahren nach dem Reaktorunglück von Tschernobyl befasste sich die GRS intensiv mit der radiologischen Situation am Standort und mit Fragen zur Standsicherheit des um Block 4 errichteten Sarkophags. Bis heute ist die GRS im Auftrag des *BMU* und internationaler Organisationen wie der *EBRD* in verschiedenen Projekten für Tschernobyl aktiv. Ziel dieser Projekte ist es, den Standort Tschernobyl und seine Umgebung langfristig in einen ökologisch sicheren Zustand zu überführen.

Tschernobyl-Fonds der EBRD. Im Mittelpunkt der Arbeiten für den Tschernobyl-Fonds der *EBRD* standen 2010 und 2011 die sicherheits-technische Bewertung der Dokumentation für das Design der Hauptkomponenten des neuen sicheren Einschlusses (New Safe Confinement, *NSC*), also der Bogenkonstruktion, der Fundamente und des Hauptkransystems des zerstörten Blocks 4 und des künftigen Zwischenlagers zur trockenen Lagerung von abgebranntem Brennstoff.

NSC. Gegenwärtig befindet sich der Block 4 unter einer Baukonstruktion, die als »Sarkophag« bekannt ist. Der Sarkophag wurde kurz nach dem Unfall unter extremen Bedingungen auf den Resten des Reaktorblocks errichtet; seine Standsicherheit ist langfristig nicht gesichert. Der »Shelter Implementation Plan« (*SIP*) sieht vor, den Sarkophag zu stabilisieren und darüber eine neue, größere Schutzhülle zu errichten: das *NSC*.

Die GRS unterstützt während der gesamten Planungsphase über die Errichtung bis zur endgültigen Fertigstellung die ukrainische Aufsichts- und Genehmigungsbehörde bei der fachlichen Begutachtung aller sicherheitstechnisch relevanten Fragestellungen und zum *SIP* generell.



Bau des New Safe Confinement (Abbildung: EBRD/Novarka)

Geplant und gebaut wird das *NSC* vom europäischen Konsortium Novarka, bestehend aus den französischen Firmen VINCI Construction Grands Projets und Bouygues Travaux Publics. Die Arbeiten sollen im Herbst 2015 mit dem Verschieben des *NSC* beendet werden.

Zwischenlager. Das Kooperationsprogramm beinhaltet darüber hinaus drei Projekte im Rahmen des Rückbaus und der Entsorgung. Auch hierbei unterstützt und berät die GRS die ukrainische Aufsichts- und Genehmigungsbehörde. Unter anderem bei der Fertigstellung der Interim Spent Fuel Storage Facility. Dort sollen alle auf dem Kraftwerksgelände befindlichen abgebrannten Brennelemente zwischengelagert werden.

Ein weiteres Projekt umfasst eine Liquid Radwaste Treatment Plant für die Konditionierung flüssiger radioaktiver Abfälle. Diese Abfälle stammen aus dem Betrieb der vier Reaktorblöcke und werden teilweise bereits seit über 30 Jahren am Standort gelagert. In einer dritten Anlage, die sich in einer Testphase befindet, sollen feste radioaktive Abfälle aus Betrieb und Stilllegung konditioniert werden.

Unterstützung der niederländischen Behörde VROM-KFD

Die GRS und die niederländische Behörde Kernfysische Dienst (*KFD*) – als Bestandteil des Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (*VROM*) – arbeiten bereits seit längerer Zeit auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit und des Strahlenschutzes zusammen. Üblicherweise erhalten die Behörden bei technischen und wissenschaftlichen Fragen Unterstützung von der *TSO* ihres Landes. Da die Niederlande nur ein Kernkraftwerk betreiben, verfügen sie über keine eigene *TSO*. Die GRS nimmt aufgrund ihrer Fachkompetenz diese Aufgabe seit langem für die Niederlande wahr.

Laufzeitverlängerung. Ein Schwerpunkt der wissenschaftlich-technischen Unterstützung für *VROM-KFD* – inzwischen aufgegangen im Human Environment and Transport Inspectorate/*KFD* (*HETI*) – war 2010 und 2011 die Begutachtung von Einzelaspekten im Zusammenhang einer möglichen Laufzeitverlängerung für das Kernkraftwerk Borssele. Der Betreiber *EPZ* plant die Änderung der technischen Lebensdauer von 40 auf 60 Jahre. Zur Vorbereitung für einen in diesem Zusammenhang möglichen Genehmigungsprozess hat die GRS für das *VROM-KFD* einen Überblick erstellt, welche Verfahren und Prozesse bei der Aufhebung von Befristungen der Lebensdauer in verschiedenen Ländern zur Bewertung herangezogen werden.

Sicherheitsüberprüfung. Die GRS bewertete im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (*PSÜ*) Dokumente des Kernkraftwerks Borssele. Darüber hinaus führte sie eine ad-hoc-Beratung der Behörde unter anderem zur Nebenkühlwasserversorgung und zu Fragen des Europäischen Stresstests durch. Außerdem wurden die Arbeiten zur Erstellung eines Analysesimulators für die Anlage fortgesetzt.

Genehmigungsverfahren. 2011 sind die Planungen zur Unterstützung der niederländischen Behörde bei den Grundlagen und Rahmenbedingungen für den Genehmigungsprozess zu einem neuen Kernkraftwerk angefallen. Dazu wurden die Genehmigungsverfahren in Finnland, der Schweiz und den USA, sowie die Empfehlungen der *IAEO* analysiert. Darauf aufbauend wurde ein Vorschlag für das niederländische Genehmigungsverfahren erstellt. Dieser Vorschlag empfiehlt ein zweistufiges Genehmigungsverfahren (Bau- und Betriebsgenehmigung) im Rahmen dessen die GRS für die Durchführung der Bewertung des gesamten Sicherheitsberichtes verantwortlich sein wird.

Kerntechnisches Regelwerk. Ausgehend von den bei der niederländischen Behörde vorliegenden Erfahrungen bei der Übernahme der *IAEO* Safety Standards in das niederländische kerntechnische Regelwerk wurde die GRS von dem niederländischen Wirtschaftsministerium beauftragt, die Arbeiten für ein niederländisches kerntechnisches Regelwerk durchzuführen. Ein wichtiger erster Schritt bestand in der Bereitstellung von Bewertungsmaßstäben nach dem Stand von Wissenschaft und Technik.



Kernkraftwerk Borssele (Foto: EPZ)

G8-Globale Partnerschaft: Projekte zum Physischen Schutz

Vor dem Hintergrund der Anschläge auf das World Trade Center riefen die G8-Mitgliedsstaaten im Jahr 2002 das Programm »Global Partnership« ins Leben, das sich gegen die Verbreitung von Massenvernichtungswaffen und -materialien einsetzt. Im Rahmen des deutschen Beitrags zu dieser sogenannten *G8GP*-Initiative trägt die GRS dazu bei, dass der physische Schutz russischer nuklearer Anlagen gegen böswillige Einwirkungen verbessert wird. Die hierzu vom Auswärtigen Amt beauftragten Einzelprojekte sollen bis Ende 2012 abgeschlossen sein. Dann endet auch das *G8GP*-Programm.

Absicherung nuklearen Materials. Die GRS prüft im Rahmen von *G8GP* insbesondere die Angemessenheit der Modernisierungsmaßnahmen und Investitionen zum physischen Schutz nuklearer Anlagen, also zur Absicherung nuklearen Materials gegen Diebstahl oder Missbrauch. In mehreren Arbeitsschritten wird dabei jeweils zunächst das Gefährdungspotenzial vor Ort abgeschätzt, ein Maßnahmenkonzept zur Verbesserung des physischen Schutzes entwickelt, der Fortgang der Arbeiten kontrolliert und begleitet, das Personal geschult und für das Thema Sicherheit sensibilisiert.

Produktionsvereinigung Majak. In den ehemals zur Herstellung von spaltbarem Material für Kernwaffen errichteten Anlagen werden heute u. a. Radioisotope für den medizinischen Gebrauch produziert.

Das Auswärtige Amt beauftragte die GRS im Rahmen des *G8GP*-Programms damit, ein umfassendes Modernisierungskonzept für die Sicherung des Radiochemischen Werkes zu erstellen und umzusetzen. Eine wesentliche Maßnahme war dabei die Errichtung eines zeitgemäßen Perimeters mit Zugangs-/Zufahrtspunktkontrollen, technischer Detektion und Videotechnik.

Arbeiten der GRS in Tomsk. Für das Sibirische Chemiekombinat in Tomsk, in dem heute Uran für Kernbrennstoff angereichert sowie Strahlenquel-



Tätigkeitsschwerpunkte der GRS im Rahmen von *G8GP*-Projekten in Russland und der Ukraine (Abbildung: GRS)

len für Medizin und Industrie hergestellt werden, wurde die GRS ebenfalls beauftragt den physischen Schutz zu verbessern. Seit 2003 bearbeitet die GRS mehrere Projekte, in denen einzelne Anlagen und Bereiche des Kombinars mit zeitgemäßer Sicherungstechnik ausgestattet werden.

Schutz gegen Nuklearterrorismus. Eine weitere Aufgabe der GRS war es, die Sicherung für das in den nuklearen Forschungsinstituten der ehemaligen Sowjetunion gelagerte Kernmaterial gegen Entwendung zu modernisieren. Hierbei handelt es sich um das Kurchatov-Institut und das Forschungsinstitut Bochvar in Moskau sowie um das staatliche Forschungszentrum der russischen Föderation in Dimitrograd. Mit zusätzlichen Mitteln der Europäischen Kommission wird für das Bochvar-Institut zudem ein neues Lager für Kernmaterial errichtet, das den geltenden Anforderungen gerecht wird.

Ausblick. In den letzten Jahren wurde von den G8-Mitgliedsstaaten eine Erweiterung des Programms auf Länder außerhalb Russlands beschlossen. Die GRS hat daraufhin bereits ein Projekt in der Ukraine zur Modernisierung der Einrichtungen zum physischen Schutz des Transport- und Lagerkomplexes für radioaktive Quellen beim staatlichen Produktionsunternehmen *IZOTOP* gestartet und mit der Vorbereitung eines Projektes zur Sicherung eines Lagergebäudes für Brennelemente in Weißrussland begonnen.

Personal und Recht

➔ Als Gutachter und Sachverständigenorganisation des Bundes ist die GRS immer wieder mit komplexen Fragestellungen konfrontiert, deren Beantwortung interdisziplinäres Wissen voraussetzt – Wissen über die zugrunde liegenden technisch-wissenschaftlichen Sachverhalte ebenso wie über das einschlägige Recht. Juristische Fragestellungen ergeben sich sowohl aus den atomrechtlichen Vorschriften aber auch aus der Anwendung und Weiterentwicklung rechtlicher Regelungen im Bereich des Umweltschutzes.

Die GRS verfügt deshalb in ihrem Fachgebiet Technik und Recht über ein Team von Volljuristen und Rechtsanwältinnen, die eine Vielzahl von Rechtsgebieten abdecken: vom allgemeinen Immissionsschutz-, Bodenschutz- und Wasserrecht über das Abfall-, Chemikalien- und Bergrecht bis hin zum Atom- und Strahlenschutzrecht. Neben dem klassischen Umweltrecht spielen in zahlreichen Projekten auch planungs- und verfassungsrechtliche Gesichtspunkte eine wichtige Rolle, etwa im Zusammenhang mit Umweltverträglichkeitsprüfungen. Die Kolleginnen unterstützen zum einen die internen Projektbeteiligten bei Bedarf rechtlich, bearbeiten aber auch eigene juristische Projekte im Auftrag des BMU.



(Foto: © iStockphoto.com/Dirk Freder)

Die juristischen Mitarbeiter der Abteilung Personal und Recht sind in Projekte eingebunden, die die GRS im Auftrag des BMU bearbeitet.

Neben Fragestellungen des Atom- und Strahlenschutzrechts bildete 2010 und 2011 das Chemikalienrecht einen thematischen Tätigkeitsschwerpunkt. Im Rahmen des Vorhabens »Assistenz im Bereich REACH und Bauprodukte« hat die GRS das BMU insbesondere durch die Beantwortung von Rechtsfragen im Zusammenhang mit der Implementierung der REACH-Verordnung (Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe) unterstützt.

REACH. Die REACH-Verordnung trat am 1. Juni 2007 in Kraft. Sie beinhaltet ein einheitliches System zur Registrierung (Registration), Bewertung (Evaluation) und Zulassung (Authorisation) von Chemikalien (Chemicals) und regelt das europäische Chemikalienrecht damit neu. Ein Ziel der Verordnung ist die Sicherstellung eines hohen Schutzniveaus für die menschliche Gesundheit und für die Umwelt. Darüber hinaus sollen mit der Verordnung zum Beispiel auch alternative Beurteilungsmethoden für von Stoffen ausgehende Gefahren gefördert und die Notwendigkeit von Tierversuchen reduziert werden.

Unterstützung des BMU durch die GRS.

Im Rahmen der Umsetzung der *REACH*-Verordnung hat die GRS unter anderem folgende Themenkomplexe bearbeitet:

- ⚡ Untersuchung von Möglichkeiten und Erfordernissen nationaler Ausnahmen vom grundsätzlichen Verbot des Inverkehrbringens von Asbestfasern, Prüfung der Anforderungen an eine nationale Ausnahmeregelung unter Berücksichtigung von Aspekten der Vollziehbarkeit sowie von gesetzessystematischen Gesichtspunkten
- ⚡ Untersuchung des Änderungsbedarfs bezüglich der Regelung zur Beschränkung von Formaldehyd in Holzwerkstoffen in der Chemikalien-Verbotsverordnung
- ⚡ Ermittlung der europarechtskonformen Auslegung der Ausnahmeregelung zur Abgabe bestimmter Phosphorwasserstoff entwickelnder Stoffe und Zubereitungen
- ⚡ Untersuchung des Harmonisierungsbereiches der *REACH*-Verordnung im Zusammenhang mit dem Inverkehrbringen *MDI* (Methyldiphenyl-Diisocyanat)-haltiger Stoffe
- ⚡ Bewertung von Schnittstellen zwischen der *REACH*-Verordnung und anderen umweltrechtlichen Bereichen



Zentrale der European Chemicals Agency ECHA in Helsinki (Foto: European Chemicals Agency)

- ⚡ Untersuchung ob und inwieweit im Rahmen der *REACH*-Verordnung gewonnene Informationen über Stoffeigenschaften auch für andere umweltrechtliche Bereiche nutzbar gemacht werden können.

Ausblick. Die Anpassung des deutschen Rechts an die *REACH*-Verordnung wird mit der Änderung der Chemikalien-Verbotsverordnung in Kürze abgeschlossen sein. Unabhängig davon befindet sich die *REACH*-Verordnung was ihre Anwendung angeht jedoch nach wie vor in einem Entwicklungsprozess, in dem immer wieder neue Fragestellungen auftauchen, weshalb das neu gestaltete europäische Chemikalienrecht ein sehr dynamisches Rechtsgebiet bleiben wird.

Projektträger/ Behördenunterstützung



→ Im Zentralbereich Projektträger/Behördenunterstützung (PT/B) unterstützt die GRS Behörden bei der Gestaltung und Umsetzung von Fördermaßnahmen im Zusammenhang mit Fragen der nuklearen Sicherheit. Im Mittelpunkt stehen dabei seit 1978 die Aufgaben als Projektträger für die Reaktorsicherheitsforschung (PT R) für die jeweils zuständigen Bundesministerien, aktuell das BMWi.

Als solcher bildet die GRS das Bindeglied zwischen dem fördernden Ministerium einerseits und den Institutionen, die für diese Forschung Fördermittel erhalten andererseits. Aufgabe des Projektträgers ist die Beratung des BMWi bezüglich aktueller wissenschaftlich-technischer Entwicklungen auf dem Gebiet der Reaktorsicherheitsforschung und die Mitwirkung bei der Planung und Fortschreibung der Förderschwerpunkte. Außerdem ist der Projektträger mit der Durchführung von Fördermaßnahmen betraut. Die Förderung der Reaktorsicherheitsforschung umfasst die Fachgebiete Komponentensicherheit, Anlagenverhalten und Unfallabläufe, Mensch-Maschine-Wechselwirkung und innovative Reaktorsysteme. Darüber hinaus unterstützt der Zentralbereich die Bundesregierung bei der internationalen Zusammenarbeit der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit und koordiniert Aktivitäten zur Steigerung der Effizienz kerntechnischer Forschung und Entwicklung in Deutschland und im internationalen Kontext.

Im Zentralbereich Projektträgerschaft und Behördenunterstützung wurden in den Jahren 2010 und 2011 auf dem Gebiet der Reaktorsicherheitsforschung vom *BMW* ca. 100 Vorhaben gefördert. Davon betreut der Bereich ca. 75 Vorhaben in der Projektträgerschaft und ca. 25 Vorhaben in der Projektbegleitung. Die bereitgestellten Haushaltsmittel belaufen sich auf etwa 22 Mio. €.

Projektträgerschaft. Im Auftrag der Energiewerke Nord prüfte die GRS Kosten- und Zeitentwicklung der Rückbauprojekte »Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage« und »Mehrzweckforschungsreaktor« sowie die Qualifikation der Abfallgebinde aus dem

Bestand des ehemaligen Forschungszentrums Karlsruhe. Dabei wurden Steigerungen bei den Kosten und der Bearbeitungszeit der Projekte festgestellt, die jedoch als notwendig und gerechtfertigt erachtet wurden.

Kompetenzverbund Kerntechnik. In seiner Funktion als Projektträger Reaktorsicherheit hat die GRS an den Beratungen und Abstimmungen des Kompetenzverbundes Kerntechnik (*KVKT*) teilgenommen und Statusberichte und Positionspapiere zur kerntechnischen Forschung erstellt. 2010 wurde ein Positionspapier zur Schwerpunktsetzung in der Reaktorsicherheitsforschung unter dem Aspekt der Laufzeitverlängerung deutscher Kernkraft-

werke veröffentlicht. Es fand allerdings in Folge des Unfalls in Fukushima und dem daraus resultierenden Ausstieg aus der Kernenergie in seiner ursprünglichen Zielsetzung keine Berücksichtigung mehr.

In seiner Sitzung vom Juli 2011 beschloss der *KVKT* – auch bedingt durch den Unfall in Fukushima – Ziele und Themen der nuklearen Sicherheitsforschung einer sorgfältigen Prüfung zu unterziehen. In einer ersten Expertensitzung, unter Federführung der GRS, wurden dazu die wesentlichen globalen Zielsetzungen und ihnen zugeordnete Themenbereiche als Grundlage für die weiteren Prüfungen definiert.

In der Folge des Unfalls in Fukushima/Japan unterstützte die GRS die Reaktorsicherheitsforschung des *BMWi* außerdem bei der Koordinierung eines Beitrages, der experimentelle Grundlagen liefern und Werkzeuge weiterentwickeln und qualifizieren soll, um die Sicherheit der deutschen Anlagen im Hinblick auf die Erkenntnisse aus Fukushima zu bewerten.

Bilaterale und multinationale Zusammenarbeit. Der Bereich Projektträger/ Behördenunterstützung der GRS hat das *BMWi* bei seiner bilateralen und multinationalen Zusammenarbeit zur Reaktorsicherheitsforschung unterstützt. Unter anderem nehmen Vertreter der GRS die deutschen Interessen in den Lenkungsgremien von neun internationalen Projekten der *OECD/NEA* wahr.

2011 organisierte der Bereich die 6. Sitzung der deutsch-russischen Expertengruppe von Rosatom und *BMWi* zur Fortsetzung der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit beider Länder auf den Gebieten der Reaktorsicherheits- und der Endlagerforschung.

Zudem hat die GRS in der Sitzung des Committee on the Safety of Nuclear Installations der *OECD/NEA* im Auftrag des *BMWi* die deutschen Interessen vertreten.

ISTec GmbH, RISKAUDIT IRSN/GRS International und ENSTTI

➔ Aus der GRS haben sich im Jahr 1992 die Tochterunternehmen ISTec und RISKAUDIT IRSN/GRS International entwickelt.

Das ISTec zählt heute zu den führenden Anbietern von Diagnose- und Sicherheitstechnik. ISTec berät Anlagenbauer, Betreiber von Kraftwerken, die verarbeitende Industrie, Verkehrsbetriebe und Behörden in Fragen rund um das Thema Diagnose und Sicherheit.

RISKAUDIT IRSN/GRS International ist eine gemeinnützige Europäische Wirtschaftliche Interessenvereinigung (EWIV) mit Sitz in Paris. Sie wurde von der GRS und ihrem französischen Partner, dem Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) – heute IRSN – gegründet, um die Kompetenzen der GRS und des IRSN auf dem wissenschaftlichen und technischen Gebiet zu verbinden und in gemeinsame europäische Projekte einzubringen. Die Projekte von RISKAUDIT konzentrieren sich auf die kerntechnische Sicherheit in Mittel- und Osteuropa.

Auch das European Nuclear Safety Training and Tutoring Institute (ENSTTI) ist eine gemeinnützige Europäische Wirtschaftliche Interessenvereinigung (EWIV) und wurde als gemeinsame Initiative der ETSON-Mitgliedsorganisationen IRSN, UJV, LEI und GRS gegründet. Ziel des Weiterbildungsinstituts ist es, sowohl Training als auch ein lernbegleitendes Tutoring im Bereich der Kerntechnik anzubieten.

Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH



Das ISTec zählt zu den führenden Anbietern von Diagnose- und Sicherheitstechnik und berät Anlagenbauer, Betreiber von Kraftwerken, die verarbeitende Industrie, Verkehrsbetriebe und Behörden in Fragen rund um das Thema Diagnose, Zuverlässigkeit und Sicherheit.

Diagnosetechnik. Die Arbeiten für den im Jahr 2009 mit der Deutsche Bahn AG (DB AG) abgeschlossenen Vertrag über den Einbau von Diagnosetechnik in ICE3 Zügen wurden vorangetrieben. 2012 werden alle sechs Züge mit der Technik ausgestattet sein. Im Anschluss kann mit der Auswertung der Betriebserfahrungen begonnen werden. Die Technik, die ISTec auf dem Diagnosesektor im Bereich des

Schienenverkehrs für die DB AG entwickelt hat, wurde auch bei der Münchner U-Bahn eingesetzt.

Condition Monitoring Systeme. Bis Ende 2011 wurden zirka 250 WKA-COMOS (Condition Monitoring) Systeme zur diagnostischen Überwachung von Windkraftanlagen (WKA) ausgeliefert. 200 Anlagen wurden von der ISTec darüber hinaus diagnosetechnisch betreut. Ein weiteres System aus der COMOS-Familie, das ta-COMOS zur Luftschallüberwachung, kam an mehreren Standorten mit Erdgasspeicheranlagen in Deutschland als Überwachungsinstrument zum Einsatz.

Digitale Sicherheitsleittechnik. Die begleitende Qualifizierung bei der Weiterentwicklung und hardwaretechnischen Aktualisierung der digitalen Sicherheitsleittechnik *TELEPERM XS* wurde fortgeführt. So konnte *ISTec* Geschäftsbeziehungen zur Qualifizierung von softwarebasierten Leittechniksystemen mit einer Reihe ausländischer Unternehmen aufbauen und arbeitete unter anderem an der Qualifizierung von Softwareplattformen für digitale Leittechniksysteme.

Für das slowakische Kernkraftwerk Mochovce übernahm *ISTec* die Begutachtung des Verifikations- und Validierungsprogramms zum Einsatz der digitalen Sicherheitsleittechnik.

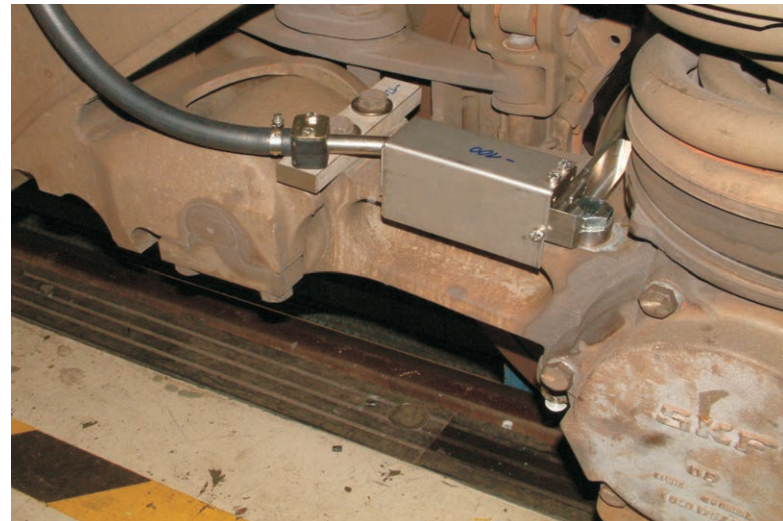
Entsorgung. *ISTec* unterstützte das *BfS* wie die Jahre zuvor, bei der Umsetzung der wasserrechtlichen Nebenbestimmungen aus dem Planfeststellungsbeschluss für das Endlager Konrad in Endlagerungsbedingungen.

RISKAUDIT IRSN/GRS International Neue Länder – neue Aufgaben

In den Jahren 2010 und 2011 konnte RISKAUDIT sowohl seine Aufgabengebiete als auch sein Tätigkeitsgebiet erweitern.

INSC. Im Rahmen des 2007 von der *EU* gegründeten Instrument for Nuclear Safety Cooperation (*INSC*), setzte RISKAUDIT zahlreiche Projekte um.

Mit dem *INSC* unterstützt die *EU* Maßnahmen zur Förderung eines hohen Standards in der nuklearen Sicherheit und im Strahlenschutz sowie Maßnahmen, mit denen die Anwendung effizienter und wirksamer Sicherungsmaßnahmen für Kernmaterial in Drittländern gefördert wird.



Betriebserprobung von Beschleunigungssensorik im regulären Fahrbetrieb eines ICE (Foto: *ISTec*)

Darüber hinaus zeichnen sich nach der Abschaltung von acht Kernkraftwerken in 2011 für das von *ISTec* entwickelte Reststoff-, Verfolgungs- und Kontrollsystem (*ReVK*) neue Einsatzmöglichkeiten in Stilllegungsprojekten ab.



Da *INSC* nicht wie das Vorgängerprogramm *TACIS* auf die klassischen Tätigkeitsgebiete in Osteuropa beschränkt ist, kamen unter anderem Projekte in Brasilien und Jordanien hinzu.

Aktivitäten in Brasilien. Im Rahmen des *INSC*-Vorhabens eröffnete sich eine Kooperation zwischen RISKAUDIT-Experten, der brasilianischen Aufsichtsbehörde *CNEN* und deren *TSO APLBA*. Ziel des Projektes ist die Verbesserung und Stärkung des nuklearen Sicherheitsregimes gemäß internationalen Verpflichtungen und anerkannten Kriterien und Praktiken. Zum Sicherheitsregime zählen Regelwerk, Prozesse, Systeme und Sicherheitskultur.

Unter anderem wurde mit der Anpassung von ARGOS an die komplexe Umgebung des Kernkraftwerks Angra begonnen. ARGOS, ein System zur Entscheidungsunterstützung des Krisenmanagements bei Freisetzung chemischer, biologischer oder radioaktiver Substanzen, soll zukünftig von CNEN bei der Freisetzung von radioaktiven Stoffen eingesetzt werden können.

Weitere Schwerpunkte waren Themen wie die Sicherheit von Leittechnik und Überwachungssystemen, die Beherrschung schwerer Störfälle, die Auswertung der Betriebserfahrung und die deterministische Sicherheitsbewertung des Brennstabverhaltens, insbesondere beim Einsatz neuer Brennelemente.

Aktivitäten in Jordanien. RISKAUDIT unterstützte die jordanische Aufsichtsbehörde Jordan Nuclear Regulatory Commission (JNRC) beim Aufbau und der Verbesserung

des Strahlenschutzes bei der Nutzung von Quellen ionisierender Strahlung. Darüber hinaus wurden JNRC und ihre TSO im Hinblick auf die regulatorischen Aktivitäten im Bereich der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes vorbereitet und gestärkt.

Unter Leitung der GRS haben EU-Experten das jordanische Regelwerk (Gesetzesentwürfe und untergesetzliches Regelwerk) überprüft und Optimierungen empfohlen. Sie sollen eine Orientierung an internationalen Standards erleichtern. Das hierfür notwendige Know-how wurde den jordanischen Kollegen in mehreren Workshops vermittelt.

Ausblick. Die Vorhaben in beiden Ländern werden über 2011 hinaus in Folgeprojekten fortgesetzt. Weitere INSC-Vorhaben außerhalb des osteuropäischen Raums wurden in Indonesien, Thailand und Vietnam begonnen.

European Nuclear Safety Training and Tutoring Institute (ENSTTI)

ENSTTI wurde 2009 als Initiative der ETSON-Mitgliedsorganisationen IRSN, UJV, LEI und GRS gegründet und ist eine Europäische wirtschaftliche Interessenvereinigung.

Ziel von ENSTTI ist es, das Wissen und die Erfahrung aus über 40 Jahren TSO-Arbeit an eine neue Generation von Fachleuten weiterzugeben. Umgesetzt wird dieser Wissenstransfer durch Weiterbildungen, Trainings und lernbegleitendes Tutoring. Die Dozenten kommen aus bestehenden TSO und/oder von Behörden, wie beispielsweise der spanischen Genehmigungsbehörde CNS.

2010. Erstmals hatten Nachwuchskräfte aus dem Bereich der Kerntechnik im Juli die

Möglichkeit, an den Weiterbildungsmodulen von ENSTTI teilzunehmen. Rund 20 junge Wissenschaftler aus Europa, Asien, Afrika und Südamerika waren dazu an den GRS-Standort Garching bei München gereist, wo die ersten drei von insgesamt sechs Modulen abgehalten wurden.

In den ersten drei Modulen ging es unter anderem darum, einen Überblick zum weltweiten Stand der Kerntechnik und den Grundlagen des Strahlenschutzes, der Reaktorphysik und der Thermohydraulik zu vermitteln. Darüber hinaus waren unterschiedliche Reaktortypen und das Thema Störfallanalyse Teil der Weiterbildung. Am Ende der drei Module erhielten die Teilnehmer ein berufsqualifi-



zierendes Zertifikat, das fundierte Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Kerntechnik bescheinigt.

Der zweite Teil der *ENSTTI*-Weiterbildung fand vom 30. August bis zum 17. September in Paris bei *IRSN* statt und umfasste drei weitere Module. Auf dem Stundenplan standen unter anderem Methoden zur Bewertung von Störfällen, Brennstoffkreislauf und Abfallmanagement, Transport radioaktiver Abfälle, Endlagerung, Strahlenschutz und Notfallvorsorge.

2011. Im April wurde *ENSTTI* als *EWIV* in Frankreich registriert (*IRSN*, *LEI*) und im November trat die *GRS* als drittes Mitglied bei. Im Board of Members sind die beiden Geschäftsführer Prof. Frank-Peter Weiß und Hans J. Steinhauer vertreten.

Ende Juni startete in Garching der zweite Durchlauf des *ENSTTI*-Trainingskurses »Induction to Nuclear Safety«, der das Basiswissen auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit in Vorträgen und Arbeitsgruppen vermittelt. In Exkursionen wurden das Kernkraftwerk Isar, die Primärkreislaufversuchsanlage bei *AREVA* in Erlangen sowie der Forschungsreaktor *FRM-2* besucht.

Projekte im Auftrag der Europäischen Kommission und Ausblick. *ENSTTI* hat mit der Expertengruppe für Entwicklung der Europäischen Kommission Verträge über die Durchführung von Trainingsmaßnahmen für Experten aus den Aufsichtsbehörden der *INSC*-Länder abgeschlossen. Der erste Vertrag (*DEVCO 1*) läuft bis 2014. Ein zweiter Vertrag mit erweitertem Umfang (*DEVCO 2*) wurde von *ENSTTI* erfolgreich akquiriert und soll von Mitte 2013 bis Mitte 2016 umgesetzt werden.



Webseite des *ENSTTI* (Abbildung: *GRS*)

Darüber hinaus ist *ENSTTI* am *NUSHARE*-Projekt aus dem 7. *EURATOM* Forschungsrahmenplan beteiligt. Darin geht es um die Weiterentwicklung von Trainings- und Informationsmaßnahmen innerhalb Europas.

Im Rahmen einer Kooperationsvereinbarung mit der *IAEO* führt *ENSTTI* regelmäßig Schulungsmaßnahmen für junge Experten, in der Regel von den Sicherheitsorganisationen der Mitgliedsstaaten, durch.

Mittelfristig will *ENSTTI* ein qualitativ hochwertiges Schulungsangebot zu allen Fragen der kerntechnischen Sicherheit und Sicherung entwickeln, mit dem der von der Europäischen Kommission und der *IAEO* geförderte Schulungsbedarf auf internationaler Ebene abgedeckt werden kann.

Kooperationsverträge der GRS mit ausländischen Organisationen (Auswahl)

Partnerland	Organisation	Beginn	Titel
Argentinien	ARN	24.09.1998	Zusammenarbeit und Informationsaustausch auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit
Brasilien	CNEN	02.10.1997	Austausch technischer Informationen und Zusammenarbeit in Fragen der aufsichtsbehördlichen Forschung und der Sicherheitsforschung
China	NNSA	15.07.1998	Zusammenarbeit und Informationsaustausch auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit
Finnland	FORTUM (IVO)	01.10.1998	Abkommen über Beratungstätigkeit
Frankreich	ANDRA	19.04.2002	Zusammenarbeit und Informationsaustausch
	EUROSAFE Memorandum 2004	26.07.2004	EUROSAFE Absichtserklärung
	IRSN	29.07.1998	Vereinbarung über Zusammenarbeit von IRSN und GRS
	IRSN	15.07.1997	deutsch-französische Initiative zu Tschernobyl
Großbritannien	HSE	21.07.1998	Übereinkommen über technische Zusammenarbeit und technischen Austausch zwischen GRS und HSE auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheitsforschung
Japan	JNES Cooperation	25.06.1991	Abkommen über Informationsaustausch und Zusammenarbeit
Korea	KAERI	21.01.2004	Abkommen über Zusammenarbeit und Informationsaustausch auf dem Gebiet der Reaktorsicherheitsforschung
	KINS Cooperation	25.09.1998	Übereinkommen zwischen dem Korea Institute of Nuclear Safety (KINS) und der GRS zu Zusammenarbeit und Informationsaustausch auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit
Niederlande	KFD	25.09.1998	Rahmenvereinbarung über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit und des Strahlenschutzes
	KFD Cooperation	14.09.1992	Rahmenvereinbarung über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit und des Strahlenschutzes
Rumänien	CNCAN	10.11.1998	Zusammenarbeit und Informationsaustausch auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit
Russland	RRC KI	16.09.1996	Rahmenvereinbarung über wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit
	RRC-KI	02.06.2008	Vereinbarung über wissenschaftliche und technische Zusammenarbeit Cooperation 2008
Schweiz	Mont Terri	01.06.2001	Übereinkommen zum Mont Terri Projekt
	PSI Cooperation	15.07.2009	Rahmenvereinbarung über wissenschaftliche Kooperation
Spanien	CSN	21.09.1998	Beratungstätigkeit auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit

Partnerland	Organisation	Beginn	Titel
Türkei	TAEK	14.01.1998	Zusammenarbeit und Informationsaustausch auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit; Vereinbarung über Beratungstätigkeit und Leistungen
Tschechien	UJV Extension 2010	13.01.2010	Zweite Verlängerung des Zusammenarbeitsabkommens auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes
	NRI Rez 2000	08.11.2005	Zusammenarbeitsabkommen auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes (2000 Verlängerung)
Ukraine	NAS	25.11.1993	Rahmenvereinbarungen über wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit
	SNRCU/SSTC	24.04.2006	Programm der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit zwischen BMU/GRS (Deutschland) und SNRCU/SSTC (Ukraine)
USA	DOE (CAO)	22.01.1999	Absichtserklärung zur Entsorgung radioaktiver Abfälle
	USNRC	23.07.1998	Zusammenarbeit bei der probabilistischen Risikobewertung und verwandter Sicherheitsforschung
	USNRC	18.11.2011	Zusammenarbeit auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit
International	ENSTTI 2009	21.12.2009	Gründung des European Nuclear Safety Training and Tutoring Institute (ENSTTI) - Memorandum of Understanding
	ETSON MoU 2010	04.02.2010	Gründung des European TSO Network - Memorandum of Understanding



(Foto: © iStockphoto/adventtr)

Abkürzungsverzeichnis/Glossar

Abkürzung	Erläuterung
ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
ANSYS AUTODYN	Rechenprogramm
ANSYS CFX	3-D-CFD Programm
AP-1000	Druckwasserreaktor der Generation III+ des Herstellers Westinghouse
APLBA	Associação dos Pesquisadores do Experimento de grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, Biosphäre/Atmosphäre Forschungsexperiment Amazonien
AREVA	französischer Industriekonzern u. a. Nukleartechnik
ARGOS	System zur Entscheidungsunterstützung
ARTE	deutsch/französischer Fernsehsender
ARTM	Atmosphärisches Radionuklid-Transport-Modell
ASTEC	Accident Source Term Evaluation Code, deutsch-französischer Integralcode
ATHLET	Analyse der Thermohydraulik von Lecks und Transienten, Thermohydraulik Systemrechenprogramm
ATHLET-CD	ATHLET mit Core Degradation
ATHLET-QUABOX/ CUBBOX	3-D-Kernmodell für stationäre und transiente Berechnungen von Reaktorkernen in Leichtwasserreaktoren (LWR)
atw	Internationale Zeitschrift für Kernenergie
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BeIV	Technische Sicherheitsorganisation Belgien
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BilMoG	Bilanzmodernisierungsgesetz
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
CCS	Carbon dioxide Capture and Storage, CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung
CFD	Computational Fluid Dynamics, numerische Strömungsdynamik
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear, Brasilianische Aufsichtsbehörde
CNS	Consejo de Seguridad Nuclear, Spanische Aufsichtsbehörde
CNS	Convention on Nuclear Safety
CO ₂	Kohlendioxid
Co-60	Kobalt-60
COCOSYS	Containment Code System, Programmsystem, mit dem sich u. a. schwere Störfälle in Sicherheitsbehältern von Leichtwasserreaktoren analysieren lassen

Abkürzung	Erläuterung
COMOS	Condition Monitoring System, Diagnosesystem
DB AG	Deutsche Bahn AG
DEKRA	Deutscher Kraftfahrzeug-Überwachungs-Verein
DORTAKTIV	Programmsystem zur rechnerischen Behandlung der Aktivierung durch Neutronen
DV	Datenverarbeitung
DWR	Druckwasserreaktor
EBRD/EBWE	European Bank for Reconstruction and Development, Europäische Bank für Wiederaufbau und Entwicklung
ECHA	European Chemicals Agency
ENSREG	European Nuclear Safety Regulator Group, Europäische Arbeitsgruppe für nukleare Sicherheit
ENSTTI	European Nuclear Safety Training and Tutoring Institut
EPR	European Pressurized Water Reactor, Druckwasserreaktor der Generation III+ des Herstellers Areva
EPZ	N. V. Electriciteits-Productiemaatschappij Zuid-Nederland, Energieversorger Niederlande
ERMSAR	European Review Meeting on Severe Accident Research
ETSON	European Technical Safety Organisations Network, Europäisches TSO Netzwerk
EU	Europäische Union
EURATOM	Europäische Atomgemeinschaft
EWIV	Europäische wirtschaftliche Interessenvereinigung
F+E	Forschung und Entwicklung
Fe-55	Eisen-55
FRM-2	Forschungsreaktor München-2, Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz der TU München
G8GP	Globale Partnerschaft gegen die Verbreitung von Massenvernichtungswaffen und -materialien
GDA	Generic Design Assessment
GeoDat	Vorhaben zur Erstellung einer thermodynamischen Datenbasis
GeoSys	Vorhaben für eine interdisziplinäre Systemanalyse zur tiefen Geothermie
GIF	Generation IV International Forum, Verbund zur Erforschung und Entwicklung zukünftiger KKW
GNSSN	Global Nuclear Safety and Security Network
GPR	Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires, ständige Expertengruppe für Kernreaktoren in Frankreich, vergleichbar mit der RSK
HETI	Human Environment and Transport Inspectorate, Niederlande
HSE	Health and Safety Executive, Aufsichts- und Genehmigungsbehörde Großbritannien
HSE/ONR	Health and Safety Executive, Office of Nuclear Regulation, Agentur für Atomaufsicht der HSE
IAEO	Internationale Atomenergie-Organisation

Abkürzung	Erläuterung
IFF	Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung
INES	International Nuclear and Radiological Event Scale, internationaler Bewertungsmaßstab für sogenannte „Ereignisse“ in kerntechnischen Anlagen
INPRO	International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles, IAEA Projekt zu innovativen Reaktoren und Brennstoffkreisläufen
INSAG	International Nuclear Safety Group, Expertengruppe der IAEA
INSC	Instrument for Nuclear Safety Cooperation, Programm der EU-Kommission zur Förderung der nuklearen Sicherheit weltweit
IPEN	International POPs Elimination Network, internationale Nichtregierungsorganisation zur Vermeidung von langlebigen organischen Schadstoffen
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Technische Sicherheitsorganisation Frankreichs
ISO	International Organization for Standardization/Internationale Normungsorganisation
ISTec	Institut für Sicherheitstechnologie GmbH
IT	Informationstechnik
JASMIN	EU-Vorhaben, in dem ASTEC für natriumgekühlte Reaktoren der Generation IV ertüchtigt werden soll
JNES	Japan Nuclear Energy Safety Organization, Technische Sicherheitsorganisation Japans
JRC	Joint Research Center, Wissenschaftsservice der Europäischen Kommission
KENOREST	Reaktivitäts- und Nuklidinventarprogramm
KFD	Kernfysischer Dienst, Aufsichtsbehörde Niederlande
KINS	Korea Institute of Nuclear Safety
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KKW	Kernkraftwerk
KVKT	Kompetenzverbund Kerntechnik
LEI	Lietuvos energetikos institutas, Technische Sicherheitsorganisation Litauens
MDI	Methylen-Diphenyl-Diisocyanat
MDEP	Multinational Design Evaluation Programme, internat. Initiative von Aufsichts- und Genehmigungsbehörden zum Austausch über neue Reaktorkonzepte
MELCOR	Integraler Simulationscode
MEZ	Mitteuropäische Zeit
Ni-63	Nickel-63
NORM	Naturally Occurring Radioactive Material, natürlich vorkommende radioaktive Stoffe
NSC	New Safe Confinement, Schutzhülle um den bestehenden Sarkophag in Tschernobyl
NUREG	Broschürenreihe der U.S. NRC zur nuklearen Sicherheit
NUSHARE	Europäische Initiative zur Weiterentwicklung von Trainings- und Informationsmaßnahmen im nuklearen Bereich

Abkürzung	Erläuterung
OECD/NEA	Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung/Kernenergieagentur
ORNL	Oak Ridge National Laboratory, US-Forschungseinrichtung
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
RDB	Reaktordruckbehälter
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances/ Europäische Chemikalienverordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe
RESA	Reaktorschnellabschaltung
ReVK	Reststofffluss-Verfolgungs- und Kontrollsystem
RIDM	Risk-informed decision-making
RSK	Reaktor-Sicherheitskommission
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
SCALE	System for Criticality Analysis in Licensing Evaluations
SfH	Störfallhandbuch
SIP	Shelter Implementation Plan, Initiative der G7-Staaten, der EU und der Ukraine von 1997 zur Stabilisierung des Tschernobyl-Sarkophags und zum Bau einer neuen Schutzhülle
SNE-TP	Sustainable Nuclear Energy Technology Platform, EU-weiter Zusammenschluss von Interessensgruppen zum Thema »Energimix 2050«
STUK	Aufsichts- und Genehmigungsbehörde Finnlands
SSTC	Technische Sicherheitsorganisation der Ukraine
SVV	Selbstverheilender Salzversatz
TACIS	Technical Assistance to the Commonwealth of Independent States, früheres Finanzierungsinstrumentarium der EU
TELEPERM XS	Digitale Sicherheitsleittechnik
TEPCO	Tokyo Electric Power Company, Energieversorger, Japan
THAI	Thermalhydraulics, Hydrogen, Aerosols und Iodine, THAI-Versuchsanlage für die Durchführung von Reaktorsicherheits-Experimenten im technischen Maßstab
TSO	Technische Sicherheitsorganisation
TU	Technische Universität
TÜV	Technischer Überwachungsverein
U.S. NRC	Nuclear Regulatory Commission, Aufsichts- und Genehmigungsbehörde der USA
UJV	Ústav jaderného výzkumu Řež a.s., Technische Sicherheitsorganisation Tschechiens
UNEP	United Nations Environment Programme, Umweltprogramm der Vereinten Nationen
USB	Universal Serial Bus

Abkürzung	Erläuterung
VARNAS	Vietnam Agency for Radiation and Nuclear Safety, vietnamesische Aufsichtsbehörde
VerSi	Vergleichende Sicherheitsanalysen
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Ministerium für Wohnungswesen, Raumordnung und Umweltschutz der Niederlande
VSG	Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben
VTT	Technische Forschungsorganisation, TSO Finnlands
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association, EU-weiter Zusammenschluss der Aufsichtsbehörden
WGRNR	Working Group on the Regulation of New Reactors, Arbeitsgruppe der OECD/NEA zu Standortauswahl, Bau und Lizenzierung von neuen Reaktoren der Generation III+ und IV
WKA	Windkraftanlage
WLN	Weiterleitungsnachricht
WWER	Druckwasserreaktor russischer Bauart
XSUSA	Cross Section Uncertainty and Sensitivity Analysis, Programm zur Durchführung von Unsicherheitsanalysen für alle Arten von nuklearen Berechnungen

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

Schwertnergasse 1
50667 Köln

Telefon +49 221 2068-0
Telefax +49 221 2068-888

Forschungszentrum
85748 Garching bei München

Telefon +49 89 32004-0
Telefax +49 89 32004-300

Kurfürstendamm 200
10719 Berlin

Telefon +49 30 88589-0
Telefax +49 30 88589-111

Theodor-Heuss-Straße 4
38122 Braunschweig

Telefon +49 531 8012-0
Telefax +49 531 8012-200

www.grs.de