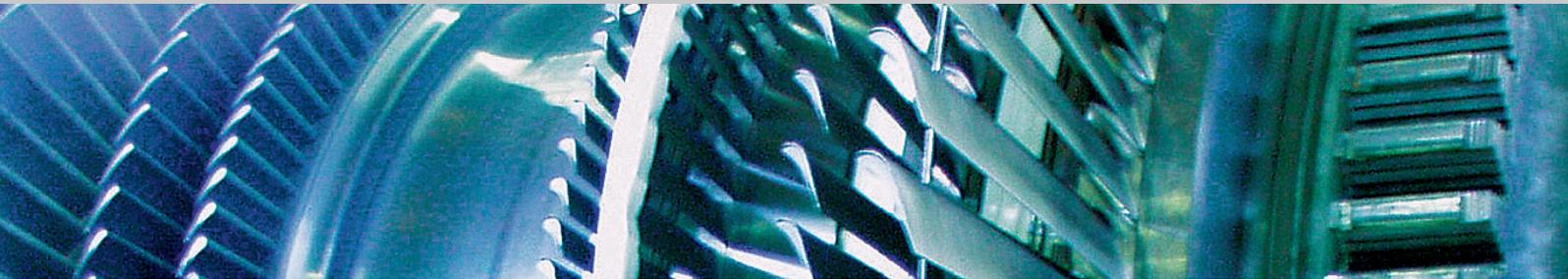




Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI



Aufsichtsbericht 2012

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

Aufsichtsbericht 2012

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

Rapport de Surveillance 2012

sur la sécurité nucléaire dans les installations nucléaires en Suisse

Regulatory Oversight Report 2012

concerning nuclear safety in Swiss nuclear installations

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	6
Préface	8
Preface	10
Zusammenfassung und Übersicht	13
Résumé et aperçu	16
Summary and overview	19
1. Kernkraftwerk Beznau	23
1.1 Überblick	23
1.2 Betriebsgeschehen	24
1.3 Anlagetechnik	28
1.4 Strahlenschutz	31
1.5 Radioaktive Abfälle	32
1.6 Notfallbereitschaft	33
1.7 Personal und Organisation	33
1.8 Sicherheitsbewertung	34
2. Kernkraftwerk Mühleberg	39
2.1 Überblick	39
2.2 Betriebsgeschehen	40
2.3 Anlagetechnik	41
2.4 Strahlenschutz	45
2.5 Radioaktive Abfälle	46
2.6 Notfallbereitschaft	47
2.7 Personal und Organisation	47
2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	48
2.9 OSART	48
2.10 Sicherheitsbewertung	48

3. Kernkraftwerk Gösgen	51
3.1 Überblick	51
3.2 Betriebsgeschehen	52
3.3 Anlagetechnik	54
3.4 Strahlenschutz	56
3.5 Radioaktive Abfälle	57
3.6 Notfallbereitschaft	58
3.7 Personal und Organisation	58
3.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	59
3.9 Sicherheitsbewertung	59
4. Kernkraftwerk Leibstadt	63
4.1 Überblick	63
4.2 Betriebsgeschehen	64
4.3 Anlagetechnik	66
4.4 Strahlenschutz	71
4.5 Radioaktive Abfälle	72
4.6 Notfallbereitschaft	73
4.7 Personal und Organisation	73
4.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	74
4.9 Sicherheitsbewertung	74
5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen	77
5.1 Zwischenlagergebäude	77
5.2 Konditionierungsanlage	78
5.3 Plasma-Anlage	78
5.4 Strahlenschutz	79
5.5 Notfallbereitschaft	79
5.6 Personal und Organisation	80
5.7 Vorkommnisse	80
5.8 Gesamtbeurteilung	80

6. PSI	81
6.1 Die Kernanlagen des PSI	81
6.2 Hotlabor	81
6.3 Forschungsreaktor PROTEUS	82
6.4 Stillgelegte oder im Rückbau stehende Kernanlagen	82
6.5 Behandlung radioaktiver Abfälle	83
6.6 Lagerung radioaktiver Abfälle	84
6.7 Strahlenschutz	84
6.8 Notfallbereitschaft	84
6.9 Personal und Organisation	85
6.10 Strahlenschutz-Schule	85
6.11 Gesamtbeurteilung	85
7. Weitere Kernanlagen	87
7.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	87
7.2 Universität Basel	87
8. Transporte und Behälter	89
8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	89
8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	89
8.3 Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung	90
8.4 Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen	90
8.5 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	91
8.6 Inspektionen und Audits	92
9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle	93
9.1 Sachplan geologische Tiefenlager	94
9.2 Entsorgungsprogramm	96
9.3 Offene Fragen aus dem Entsorgungsnachweis	96
9.4 Kostenstudie	97
9.5 Expertengruppe geologische Tiefenlagerung (EGT)	97
9.6 Felslaboratorien	98
9.7 Internationaler Wissenstransfer	98
10. Anlagenübergreifende Themen	101
10.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management	101
10.2 Erdbebengefährdungsanalyse	103
10.3 Aktionsplan und Umsetzung	104
Anhang	109
Verzeichnis der Abkürzungen	132

Vorwort



Die Kernkraftwerke in der Schweiz erfüllen die Sicherheitsanforderungen, wie sie in den schweizerischen Gesetzen und Verordnungen festgelegt sind, und verfügen darüber hinaus über die von der Aufsichtsbehörde geforderten zusätzlichen Sicherheitsmargen. Es spricht deshalb aus sicherheitstechnischer Sicht nichts dagegen, dass die Kernkraftwerke in der Schweiz weiter betrieben werden können. Dies ist die zusammenfassende Aussage des vorliegenden Aufsichtsberichts.

Es gab 2012 keine Vorkommnisse in den Schweizer Kernkraftwerken, die die Sicherheit von Mensch und Umwelt hätten beeinträchtigen können. Dies zeigt die Auswertung der Resultate der über 400 Inspektionen, die wir angemeldet und unangemeldet durchgeführt haben, sowie der Betriebsdaten und Vorkommnis-Meldungen der Kraftwerksbetreiber.

Im vergangenen Jahr konnten alle Betreiber unter anderem belegen, dass ihre Anlagen schweren Erdbeben widerstehen und dabei keine Schäden infolge Strahlung für Mensch und Umwelt entstehen. Diesen Nachweis hatten wir nach der Reaktor-katastrophe in Fukushima gefordert. Die aktuellen

Erdbebennachweise basieren auf einer Zwischenberechnung des PEGASOS Refinement Project PRP vom Mai 2011 und sind deshalb provisorisch. Nach Abschluss des Projekts PRP und der darauffolgenden Überprüfung der Ergebnisse durch das ENSI wird die Erdbebengefährdung für jeden Standort neu festgelegt. Auf dieser Grundlage werden die Betreiber die seismischen Gefährdungsannahmen erneut analysieren müssen, um die Erdbebenfestigkeitsnachweise zu aktualisieren.

Die Aufarbeitung der Ereignisse in Fukushima dauert an. Im Rahmen des Aktionsplans Fukushima analysieren unsere Experten weitere Aspekte der Sicherheit und des Notfallschutzes. Wir wollen mit der konsequenten Umsetzung der Erkenntnisse aus dem Unglück die Sicherheit der Schweizer Kernkraftwerke weiter verbessern.

Der EU-Stresstest bestätigt die Resultate der umfangreichen Sicherheitsprüfungen, welche die Werke auf Verfügung des ENSI nach Fukushima bisher durchführen mussten. Die Schweizer Anlagen sind trotz ihres fortschreitenden Alters auch im internationalen Vergleich in einem guten Zustand. Die Auswertung des EU-Stresstests, welchem sich die Schweizer Anlagen 2011 gemäss der Verfügung des ENSI unterzogen hatten, hat ergeben, dass Mühleberg, Beznau und Gösgen die Anforderungen an sämtliche von der EU-Kommission speziell begutachteten Bereichen erfüllen. Einzig das Kernkraftwerk Leibstadt erhielt von den EU-Gutachtern die Empfehlung, im Bereich des Wasserstoffmanagements nachzubessern. Eine entsprechende Forderung zur Nachbesserung haben wir als schweizerische Aufsichtsbehörde bereits 2011 an das Kernkraftwerk Leibstadt gestellt.

Wie international üblich haben die EU-Gutachter neben Empfehlungen zur Verbesserung auch vorbildliche Sicherheitseinrichtungen bezeichnet, welche für alle Kernkraftwerke anzustreben sind – sogenannte Good Practices. Mit einer Ausnahme sind in den Schweizer Kernkraftwerken alle von der EU-Kommission als vorbildlich bezeichneten Massnahmen bereits realisiert. Die Ausnahme betrifft die diversitäre Wärmesenke des Kernkraftwerks Mühleberg, wie sie vom ENSI bereits gefordert wurde.

Die Politik hat nach Fukushima entschieden, dass die Schweiz aus der Kernenergie aussteigt, die bestehenden Kraftwerke jedoch weiter betrieben werden können, solange sie sicher sind. Die Energiestrategie 2050 des Bundesrates geht von einer Betriebszeit der Schweizer Kraftwerke von 50 Jahren aus. Aus heutiger sicherheitstechnischer Sicht werden diese die ihnen zugewiesene Rolle in der Energiestrategie wahrnehmen können.

Eine unverrückbare Bedingung dafür ist aber, dass weiterhin in die Sicherheit investiert wird. Das ENSI wird nicht zulassen, dass die Kernkraftwerke in der Schweiz «ausgefahren» werden, bis keine Sicherheitsmargen mehr vorhanden sind. Ein Kernkraftwerk muss stillgelegt werden, wenn noch Sicherheitsmargen vorhanden sind.

Gemäss dem geltenden Regelwerk müssen die Betreiber nach vierzig Betriebsjahren nachweisen, dass ihr Kraftwerk den sicherheitstechnischen Anforderungen genügt und dank weiteren Investitionen auch die nächsten zehn Jahre sicher betrieben werden kann. Entsprechend haben wir 2012 den Plan

zum Langzeitbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg begutachtet und konkrete Forderungen gestellt.

Fukushima hat in der Schweiz auch im Bereich des Notfallschutzes Massnahmen bewirkt. Mitte 2012 hat der Bundesrat den Bericht der interdepartementalen Arbeitsgruppe zur Überprüfung der Notfallschutzmassnahmen bei Extremereignissen in der Schweiz IDA NOMEX zur Kenntnis genommen und Aufträge erteilt. Auch das ENSI ist im Verbund mit den anderen Akteuren aktiv an der Verbesserung des Notfallschutzes in der Schweiz beteiligt. Aufsicht wird von Menschen ausgeübt. Mein Dank gilt deshalb meinen Mitarbeitenden, die sich täglich verantwortungsbewusst und mit grossem Einsatz für die Sicherheit von Mensch und Umwelt engagieren.



Dr. Hans Wanner
Direktor
April 2013

Préface

En Suisse, les centrales nucléaires répondent aux impératifs de sécurité tels qu'ils sont fixés dans les lois et les ordonnances de notre pays, et disposent par ailleurs des marges de sécurité supplémentaires exigées par l'autorité de surveillance. Du point de vue de la sécurité, rien ne s'oppose donc à la poursuite de l'exploitation des centrales nucléaires en Suisse. C'est la conclusion à laquelle le présent rapport de surveillance est parvenu.

En 2012, il n'y a pas eu dans les centrales nucléaires suisses d'événements susceptibles de porter atteinte à la sécurité des êtres humains et de l'environnement. C'est ce que montre d'une part l'évaluation des résultats des plus de 400 inspections, annoncées et intempestives, que nous avons réalisées, d'autre part l'évaluation des données d'exploitation et des événements notifiés par les exploitants de centrales nucléaires.

L'année dernière, tous les exploitants ont pu démontrer notamment que leurs installations résistent à de forts tremblements de terre et qu'aucun dommage dû au rayonnement n'en résulte pour les êtres humains et l'environnement. Nous avons exigé cette démonstration suite à la catastrophe de réacteur de Fukushima. Les démonstrations actuelles concernant les séismes se basent sur un calcul intermédiaire du PEGASOS Refinement Project PRP de mai 2011 et sont de ce fait provisoires. A la fin du projet PRP et du contrôle subséquent des résultats par l'IFSN, l'aléa sismique sera redéfini pour chaque site. Sur cette base, les exploitants devront analyser de nouveau les hypothèses de risque sismique pour actualiser les démonstrations de résistance aux séismes.

Le traitement des événements de Fukushima se poursuit. Dans le cadre du plan d'action Fukushima, nos experts analysent d'autres aspects de la sécurité et de la protection d'urgence. En exploitant systématiquement les résultats de l'accident, nous entendons continuer à améliorer la sécurité des centrales nucléaires suisses.

Le test de résistance de l'Union européenne (UE) confirme les résultats des importants contrôles de sécurité que les centrales ont dû réaliser suite à la décision de l'IFSN après Fukushima. Malgré leur âge, les installations suisses sont en bon état en

comparaison internationale aussi. Il ressort de l'évaluation du test de résistance de l'UE, auquel les installations suisses se sont soumises en 2011 conformément à la décision de l'IFSN, que Mühleberg, Beznau et Gösgen remplissent les exigences requises dans tous les domaines spécialement évalués par la Commission européenne. Seule la centrale nucléaire de Leibstadt a reçu des experts de l'UE une recommandation concernant l'amélioration de la gestion de l'hydrogène. En notre qualité d'autorité de surveillance, nous avons déjà requis de la centrale nucléaire de Leibstadt l'amélioration de cet aspect en 2011.

Comme il est d'usage au niveau international, les experts de l'UE ont indiqué, en plus des recommandations d'amélioration, des dispositifs de sécurité exemplaires que toutes les centrales nucléaires devraient viser, les dites bonnes pratiques (good practices). A une exception près, toutes les mesures qualifiées d'exemplaires par la Commission européenne ont déjà été prises dans les centrales nucléaires suisses. L'exception concerne la source froide diversifiée de la centrale nucléaire de Mühleberg; des travaux correspondants ont été requis par l'IFSN.

Après Fukushima, les politiques ont décidé que la Suisse sortirait du nucléaire, mais qu'elle pourrait poursuivre l'exploitation des centrales nucléaires existantes tant que ces dernières resteraient sûres. La stratégie énergétique 2050 du Conseil fédéral repose sur une durée d'exploitation des centrales nucléaires suisses de 50 ans. Du point de vue actuel de la sécurité, elles peuvent assumer le rôle que la stratégie énergétique leur a assigné.

Mais pour ce faire, il faut continuer d'investir dans la sécurité, c'est une condition sine qua non. L'IFSN ne permettra pas que les centrales nucléaires suisses soient «poussées» jusqu'à ce que plus aucune marge de sécurité ne soit présente. Une centrale nucléaire doit être désaffectée lorsque des marges de sécurité sont encore disponibles.

Selon la réglementation en vigueur, les exploitants doivent démontrer, au terme de 40 années d'exploitation, que leurs centrales nucléaires satisfont aux exigences de sécurité et peuvent être exploitées de manière sûre les dix prochaines années

aussi, grâce à d'autres investissements. En 2012, nous avons donc évalué le plan concernant l'exploitation à long terme de la centrale nucléaire de Mühleberg et posé des exigences concrètes. Fukushima a amené en Suisse aussi des mesures dans le domaine de la protection d'urgence. Mi-2012, le Conseil fédéral a pris connaissance du rapport du Groupe de travail interdépartemental chargé d'examiner les mesures de protection d'urgence de la population en cas d'événements extrêmes survenant en Suisse IDA NOMEX et passé des ordres. L'IFSN aussi participe activement avec d'autres acteurs à l'amélioration de la protection d'urgence en Suisse.

La surveillance est assurée par des êtres humains. Je remercie donc mes collaborateurs qui s'engagent quotidiennement et avec responsabilité pour la sécurité des êtres humains et de l'environnement.



*Dr Hans Wanner
Directeur
Avril 2013*

Preface

The nuclear power plants in Switzerland comply with the safety provisions contained in current laws and regulations and also possess the additional safety margins demanded by the regulator. From a safety perspective, there is no reason why the nuclear power plants should not continue to operate in Switzerland. This is the summary finding of the following Surveillance Report.

There were no incidents in Swiss nuclear power plants in 2012 that could have had a detrimental effect on the safety of people and the environment. This is evident from an evaluation of the results of over 400 inspections, both unannounced and announced, together with operating data and event notifications from plant operators.

During 2012, all operators satisfied the requirement to provide evidence that their facilities could withstand a serious earthquake, and that such an event would not expose humans or the environment to harmful radiation. We demanded this evidence following the reactor disaster at Fukushima. The current seismic evidence is based on the interim assessment of the PEGASOS Refinement Project PRP dating from May 2011 and therefore provisional. On completion of the PRP Project and the subsequent review of the results by ENSI, the seismic hazard for each location will be re-assessed. Operators will then be required to review their seismic hazard assumptions in order to update the earthquake-resistance evidence.

Work continues on the appraisal of events in Fukushima. As part of the Fukushima Action Plan, our experts are analysing additional aspects of safety and emergency preparedness. By consistently translating the lessons learned from this disaster into action, we are seeking to further improve the safety of Swiss nuclear power plants.

The EU Stress Test confirmed the results of the extensive safety reviews completed at the behest of ENSI following Fukushima: Swiss nuclear power plants remain in good condition, also in international comparison, despite their increasing age. The evaluation of the EU Stress Tests undergone by Swiss facilities in 2011 by order of ENSI showed that Mühleberg, Beznau and Gösgen satisfied the requirements in each of the areas inspected by the

European Commission. However, the EU inspectors recommended improvements to the hydrogen management system at the Leibstadt nuclear power plant. A corresponding demand for rectification had already been made by us, as acting Swiss regulator at the Leibstadt plant in 2011.

As an international practice, EU inspectors not only issues recommendations for improvements but also highlight exemplary safety systems that all nuclear power plants should strive towards – so-called good practices. With one exception, Swiss nuclear power plants had already implemented the good practices identified by the European Commission. The exception was the alternate heat sink at the Mühleberg NPP where ENSI had already issued related instructions.

Following Fukushima, a political decision was taken to phase out nuclear power in Switzerland but to continue the operation of existing power plants provided that they are safe. The Energy Strategy 2050, adopted by the Swiss Federal Council, assumes a service life of 50 years for Swiss nuclear power plants. From a current safety perspective, the plants can satisfy the role allocated to them in the Energy Strategy.

However, it is absolutely imperative that resources continue to be invested in safety. ENSI will not simply allow Swiss nuclear power plants to remain in operation until they have exhausted their safety margins. When a nuclear power plant is to be decommissioned, it must be done whilst safety margins still exist.

Under the current legislation, an operator must show after 40 years of operation that its facility meets the safety requirements and that continued investment will allow it to operate safely for a further 10 years. It was on this basis that we in 2012 reviewed the plan for the long-term operation of the Mühleberg NPP and subsequently issued related demands.

Fukushima also had an impact on emergency preparedness measures in Switzerland. In mid-2012, the Swiss Federal Council received from the Interdepartmental Working Group the IDA NOMEX report reviewing emergency preparedness measures following extreme events in Switzerland, and in

response issued formal orders. ENSI too is working actively with other stakeholders to improve emergency preparedness in Switzerland.

Surveillance activities are conducted by people. Therefore, I wish to thank my staff who work every day with great dedication and sense of responsibility for the safety of people and the environment.



Dr. Hans Wanner

Director

April 2013

Zusammenfassung und Übersicht

Das ENSI

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI begutachtet und beaufsichtigt als Aufsichtsbehörde des Bundes die Kernanlagen in der Schweiz. Dazu gehören die fünf Kernkraftwerke, die Zwischenlager bei den Kraftwerken, das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen sowie die nuklearen Einrichtungen am Paul Scherrer Institut (PSI) und an den Hochschulen in Basel und Lausanne. Mittels Inspektionen, Aufsichtsgesprächen, Prüfungen und Analysen sowie der Berichterstattung der Anlagebetreiber verschafft sich das ENSI den notwendigen Überblick über die nukleare Sicherheit der beaufsichtigten Kernanlagen. Es wacht darüber, dass die Vorschriften eingehalten werden und die Betriebsführung gesetzeskonform erfolgt. Zu seinem Aufsichtsbereich gehören zudem die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den Kernanlagen sowie die Vorbereitungen zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle. Das ENSI unterhält eine eigene Notfallorganisation, die Bestandteil einer landesweiten Notfallorganisation ist. Im Falle eines schweren Störfalls in einer schweizerischen Kernanlage käme sie zum Einsatz.

Die gesetzliche Basis für die Aufsicht des ENSI bilden das Kernenergiegesetz, die Kernenergieverordnung, das Strahlenschutzgesetz, die Strahlenschutzverordnung sowie weitere Verordnungen und Vorschriften zur Reaktorsicherheit und Ausbildung von Personal, zum Notfallschutz, zum Transport radioaktiver Stoffe und zur geologischen Tiefenlagerung. Gestützt auf diese gesetzlichen Grundlagen erstellt und aktualisiert das ENSI eigene Richtlinien. Darin formuliert es die Kriterien, nach denen es die Tätigkeiten und Vorhaben der Betreiber von Kernanlagen beurteilt. Eine Übersicht über die Richtlinien des ENSI findet sich in der Tabelle 10 im Anhang des Aufsichtsberichts. Die gültigen Richtlinien sind zudem auf der Website des ENSI (www.ensi.ch) aufgeschaltet.

Das ENSI berichtet periodisch über seine Aufsichtstätigkeit und die nukleare Sicherheit der schweizerischen Kernanlagen. Es nimmt seine gesetzliche Pflicht wahr, die Öffentlichkeit über besondere Er-

eignisse und Befunde in den Kernanlagen zu informieren. Zu spezifischen Themen orientiert es auch im Rahmen von Veranstaltungen wie zum Beispiel Medienkonferenzen.

Der vorliegende Aufsichtsbericht des ENSI ist Teil seiner periodischen Berichterstattung. Daneben publiziert das ENSI jährlich einen Strahlenschutzbericht sowie einen Erfahrungs- und Forschungsbericht. Die Originalsprache der Berichte ist Deutsch. Die Zusammenfassungen werden auf Französisch und Englisch übersetzt.

Das ENSI publiziert seine Berichte auch auf seiner Website unter www.ensi.ch, wo es ein umfangreiches Angebot an Fachartikeln aufgeschaltet hat.

Inhalt des vorliegenden Berichts

Das ENSI berichtet in den Kapiteln 1 bis 4 des vorliegenden Aufsichtsberichts über das Betriebsgeschehen, die Anlagetechnik, den Strahlenschutz und die Betriebsführung der Kernkraftwerke Beznau 1 und 2, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. Jedes dieser Kapitel wird mit einer Sicherheitsbewertung abgeschlossen.

Im Kapitel 5 wird das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen behandelt. Die Kapitel 6 und 7 sind den nuklearen Anlagen des Paul Scherrer Instituts sowie den Forschungsreaktoren der Universität Basel und der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne gewidmet. Das Kapitel 8 behandelt die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den schweizerischen Kernanlagen. Im Kapitel 9 werden die Arbeiten zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle erläutert. Schliesslich behandelt das Kapitel 10 anlagenübergreifende Aspekte wie zum Beispiel probabilistische Sicherheitsanalysen. Im Anhang finden sich Tabellen und Figuren.

Kernkraftwerke

Die fünf Kernkraftwerke in der Schweiz (Beznau Block 1 und 2, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt) wurden im vergangenen Jahr sicher betrieben. Das

ENSI kommt zum Schluss, dass die bewilligten Betriebsbedingungen eingehalten wurden. Die Bewilligungsinhaber haben gegenüber der Aufsichtsbehörde ihre gesetzlich festgelegten Meldepflichten wahrgenommen. Alle Anlagen befinden sich in einem sicherheitstechnisch guten Zustand. Die 34 meldepflichtigen Vorkommnisse im Jahr 2012 verteilen sich wie folgt auf die Schweizer Kernkraftwerke: 14 Vorkommnisse betrafen die beiden Blöcke des Kernkraftwerks Beznau, 9 das Kernkraftwerk Gösgen, 5 das Kernkraftwerk Leibstadt und 6 das Kernkraftwerk Mühleberg. Unter den meldepflichtigen Vorkommnissen waren vier Reaktorschnellabschaltungen – je eine in den Kernkraftwerken Mühleberg und Gösgen sowie zwei im Kernkraftwerk Beznau.

Auf der von 0 bis 7 reichenden international gültigen Ereignisskala INES ordnete das ENSI im Berichtsjahr 33 der 34 meldepflichtigen Vorkommnisse des vergangenen Jahres in den Kernkraftwerken der Stufe 0 zu. Ein Vorkommnis hat das ENSI der INES-Stufe 1 zugeordnet. Es betraf eine Störung im Block 2 des KKW Beznau: Bei einem periodischen Funktionstest des Notstanddiesel-Generators startete dieser nicht.

Das ENSI bewertet die Sicherheit eines jeden Kernkraftwerks im Rahmen einer systematischen Sicherheitsbewertung. Dabei werden neben meldepflichtigen Vorkommnissen weitere Erkenntnisse berücksichtigt, insbesondere die Ergebnisse der über 400 Inspektionen, die das ENSI im Jahr 2012 durchgeführt hatte.

Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen umfasst mehrere Zwischenlagergebäude, die Konditionierungsanlage und die Plasma-Anlage (Verbrennungs- und Schmelzanlage). Ende 2012 befanden sich in der Behälterlagerhalle 40 Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen sowie sechs Behälter mit Stilllegungsabfällen aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens. Der Belegungsgrad betrug Ende 2012 rund 20 % im HAA-Lager und 24 % im MAA-Lager.

Im Berichtsjahr wurden zwei Kampagnen zur Verbrennung und Einschmelzung von radioaktiven Abfällen durchgeführt.

Im ZWILAG registrierte das ENSI im Jahr 2012 keine meldepflichtigen Vorkommnisse.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die ZWILAG die bewilligten Betriebsbedingungen im Jahr 2012 eingehalten hat.

Paul Scherrer Institut (PSI) und Forschungsreaktoren in Basel und Lausanne

Die Kernanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI), wie der Forschungsreaktor PROTEUS, das Hotlabor, die Sammelstelle für die radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung sowie das Bundeszwischenlager, stehen unter der Aufsicht des ENSI. Das Bundeszwischenlager wies Ende 2012 einen Belegungsgrad von rund 85 % auf.

Die Rückbauarbeiten an den beiden Forschungsreaktoren DIORIT und SAPHIR erfolgten aus radiologischer Sicht korrekt. Im Forschungsreaktor PROTEUS wurden im Berichtsjahr keine betrieblichen Aktivitäten oder Bestrahlungen mehr durchgeführt.

In den Kernanlagen des Paul Scherrer Instituts PSI waren im 2012 zwei meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Keine meldepflichtigen Vorkommnisse verzeichnete das ENSI beim Forschungsreaktor der ETH Lausanne und beim Forschungsreaktor der Universität Basel.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass im Jahr 2012 sowohl beim PSI als auch bei den Forschungsreaktoren von Lausanne und Basel die Betriebsbedingungen eingehalten wurden.

Abgaben radioaktiver Stoffe

Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt via Abwasser und Abluft der Kernkraftwerke, des Zentralen Zwischenlagers, des PSI und der Kernanlagen in Basel und Lausanne lagen im vergangenen Jahr weit unterhalb der in den Bewilligungen festgelegten Limiten. Sie ergaben auch für Personen, welche in direkter Nachbarschaft einer Anlage leben, eine maximale berechnete Dosis von weniger als 1 % der natürlichen jährlichen Strahlenexposition.

Transporte radioaktiver Stoffe

In La Hague (Frankreich) und in Sellafield (Grossbritannien) wurden im Rahmen der abgeschlossenen Verträge abgebrannte Brennelemente aus schweizerischen Kernkraftwerken wiederaufgearbeitet.

Durch das Wiederaufarbeitungsmoratorium (Art. 106 Abs. 4 KEG) beschränken sich diese Arbeiten allerdings auf die vor Juli 2006 (Beginn des zehnjährigen Moratoriums) dorthin transportierten Brennelemente. Die bei der Wiederaufarbeitung entstandenen Abfälle müssen vertragsgemäss in die Schweiz zurückgeführt werden.

Im Berichtsjahr wurde nach einem Unterbruch von sechs Jahren die Rücklieferung von hochaktiven Abfällen der AREVA NC aus La Hague fortgesetzt. Im Herbst 2012 fand eine Anlieferung von hochaktiven Abfällen aus La Hague statt.

Bei allen Transporten von Brennelementen und radioaktiven Abfällen wurden die gefahrgutrechtlichen Vorschriften und die Strahlenschutzlimiten eingehalten.

Geologische Tiefenlagerung

Im Verfahren zum Sachplan geologische Tiefenlager läuft seit Ende 2011 die zweite Etappe. Die Nagra hat mehrere Standorte für Oberflächenanlagen pro Standortgebiet vorgeschlagen. Diese Vorschläge wurden in den Regionen diskutiert, welche durch die Regionalkonferenzen und deren Fachgruppen vertreten sind. Das ENSI wurde von den verschiedenen Gremien der Regionalkonferenzen eingeladen, um sie über die Sicherheitskriterien im Auswahlverfahren und die Rolle des ENSI anlässlich mehrerer Veranstaltungen zu informieren sowie generelle Fragen zu Sicherheit und Geologie zu beantworten. Parallel dazu wurden Behördenseminare zu spezifischen Fachthemen sowie das Technische Forum Sicherheit zu allgemeinen Fragen der Sicherheit der Tiefenlagerung durch das ENSI durchgeführt.

Der Bundesrat hat verfügt, dass Hinweise und offene Fragen aus dem Entsorgungsnachweis Pro-

jekt Opalinuston von den Entsorgungspflichtigen systematisch zu erfassen und zu bearbeiten sind. Das ENSI hat im Berichtsjahr zum entsprechenden Bericht der Nagra Stellung genommen.

Die Kernkraftwerkbetreiber sind gesetzlich verpflichtet, alle fünf Jahre die voraussichtliche Höhe der Stilllegungs- und Entsorgungskosten zu berechnen. Der Stilllegungsfonds deckt die Kosten zur Stilllegung der Kernanlagen, der Entsorgungsfonds deckt die Kosten zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle und der abgebrannten Brennelemente in geologischen Tiefenlagern. Beide Fonds werden durch Beiträge der Betreiber gemäss Vorgaben der Gesetzgebung geäufnet. Das ENSI hat im Jahr 2012 die technischen Grundlagen für die entsprechende Kostenstudie 2011 der Kernkraftwerkbetreiber beurteilt.

Die für die Tiefenlagerung notwendigen Daten werden teilweise in Felslabors ermittelt, an welchen sich das ENSI seit Jahren mit Forschungsprojekten beteiligt. Die mit internationaler Beteiligung betriebene erdwissenschaftliche Forschungstätigkeit im Opalinuston im Felslabor Mont Terri (St. Ursanne, Kanton Jura) wurde 2012 weitergeführt. Das ENSI beteiligt sich im Mont Terri mit eigenen Projekten und Kooperationen. Eines seiner Experimente dient der Erfassung des felsmechanischen Verhaltens des Opalinustons; zwei weitere sind der Untersuchung des Austrocknungsverhaltens von Stollenwänden im Opalinuston sowie der Evaluation einer neuen Methode zur Bestimmung von Durchlässigkeiten gewidmet. Die Mitarbeit in nationalen und internationalen Arbeitsgruppen bietet dem ENSI Gelegenheit, relevante Fragestellungen im Bereich der Entsorgung in geologischen Tiefenlagern im internationalen Rahmen zu verfolgen und auf dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Forschung zu bleiben.

Résumé et aperçu

L'IFSN

L'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN est l'instance de la Confédération chargée de la surveillance et de l'expertise des installations nucléaires en Suisse, soit les cinq centrales nucléaires, les entrepôts situés dans les centrales, le Centre de stockage intermédiaire ZWILAG de Würenlingen, les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (IPS) et des Universités de Bâle et de Lausanne. Les inspections, entretiens de surveillance, contrôles et analyses, ainsi que les rapports des exploitants permettent à l'IFSN d'acquérir la vue d'ensemble nécessaire sur la sûreté nucléaire des installations surveillées. L'IFSN veille au respect des prescriptions et à la conformité de la gestion de l'exploitation avec la loi. Ses activités de surveillance s'étendent en outre aux transports de matières radioactives en provenance et à destination des installations nucléaires, ainsi qu'aux travaux préparatoires en vue du stockage en couches géologiques profondes des déchets radioactifs. L'IFSN gère sa propre organisation d'urgence dans le cadre d'une organisation d'urgence nationale susceptible d'intervenir, en cas d'accident grave, dans une installation nucléaire suisse.

La loi sur l'énergie nucléaire, l'ordonnance sur l'énergie nucléaire, la loi sur la radioprotection, l'ordonnance sur la radioprotection, ainsi que d'autres ordonnances et prescriptions sur la sécurité des réacteurs et la formation du personnel, sur la protection en cas d'urgence, sur le transport de matières radioactives et sur le stockage en couches géologiques profondes constituent la base légale de la surveillance de l'IFSN. L'IFSN élabore et met à jour ses propres directives en s'appuyant sur ces bases légales. Elle y formule les critères d'après lesquels elle apprécie les activités et les projets des exploitants d'installations nucléaires. Un aperçu des directives de l'IFSN figure au tableau 10 de l'annexe de ce rapport de surveillance. De plus, toutes les directives en vigueur peuvent être consultées sur le site de l'IFSN (www.ensi.ch).

L'IFSN donne des informations régulières sur ses activités de surveillance et sur la sûreté nucléaire des installations suisses. Elle a pour tâche légale

d'informer le public des événements et constats particuliers dans les installations nucléaires. Son information sur des thèmes plus spécifiques se poursuit aussi dans le cadre de manifestations comme par exemple des conférences de presse.

Le présent rapport de surveillance fait partie du compte rendu périodique de l'IFSN. L'IFSN publie chaque année aussi un rapport sur la radioprotection ainsi qu'un rapport sur les expériences et la recherche. Ces rapports sont publiés dans leur langue d'origine, l'allemand. Les résumés sont traduits en français et en anglais.

L'IFSN publie aussi ses rapports sur son site www.ensi.ch où elle met également en ligne de nombreux articles techniques.

Contenu du présent rapport

Les chapitres 1 à 4 du présent rapport de surveillance décrivent le déroulement de l'exploitation, la technique de l'installation, la radioprotection et la gestion des centrales nucléaires de Beznau 1 et 2, Mühleberg, Gösgen et Leibstadt. Chacun de ces chapitres, se termine sur une évaluation de la sécurité.

Le chapitre 5 concerne le Centre de stockage intermédiaire ZWILAG à Würenlingen. Les chapitres 6 et 7 sont consacrés aux installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer ainsi qu'aux réacteurs de recherche de l'Université de Bâle et de l'École polytechnique fédérale de Lausanne. Le chapitre 8 traite des transports de matières radioactives en provenance et à destination des installations nucléaires suisses. Le chapitre 9 commente les travaux réalisés pour le stockage en couches géologiques profondes des déchets radioactifs. Enfin, le chapitre 10 aborde d'autres aspects, notamment les analyses probabilistes de sécurité. Les tableaux et les figures en annexe complètent ce rapport.

Centrales nucléaires

Pour 2012, l'IFSN atteste de la bonne sécurité d'exploitation des cinq centrales nucléaires de Suisse

(Beznau 1 et 2, Mühleberg, Gösgen et Leibstadt), ainsi que du respect des conditions d'exploitation autorisées. Les détenteurs d'autorisations ont respecté leurs devoirs de notification, fixés par la loi, à l'égard des autorités de surveillance. Toutes les installations témoignent d'une bonne situation en matière de sécurité.

Les 34 événements notifiés en 2012 dans les installations nucléaires suisses se répartissent comme suit: 14 événements dans les deux tranches de la centrale nucléaire de Beznau, neuf dans la centrale nucléaire de Gösgen, cinq dans celle de Leibstadt et six dans celle de Mühleberg.

Parmi les événements notifiés, on a relevé quatre arrêts d'urgence du réacteur, à savoir un dans la centrale nucléaire de Mühleberg et un autre dans celle de Gösgen, deux dans la centrale nucléaire de Beznau.

L'IFSN a classé 33 des 34 événements survenus l'année dernière dans les centrales nucléaires au niveau 0 de l'échelle internationale de gravité des événements INES qui va de 0 à 7. Un événement a été classé au niveau 1. Il a porté sur une défaillance survenue dans la tranche 2 de la centrale nucléaire de Beznau: lors de son test périodique de fonctionnement, le générateur diesel de secours n'a pas démarré.

L'IFSN évalue la sécurité de toute centrale nucléaire dans le cadre d'une évaluation systématique de la sécurité. En plus des événements devant être notifiés, elle tient compte d'autres éléments, notamment des résultats des plus de 400 inspections réalisées par l'IFSN en 2012.

Centre de stockage intermédiaire de Würenlingen

Le Centre de stockage intermédiaire ZWILAG à Würenlingen comprend plusieurs bâtiments d'entreposage, l'installation de conditionnement et l'installation plasma (station d'incinération et de fusion). Fin 2012, la halle des conteneurs abritait 40 conteneurs de transport et d'entreposage avec assemblages combustibles usés et colis de verre, ainsi que six conteneurs de déchets de démantèlement provenant de la centrale nucléaire expérimentale de Lucens. Fin 2012, le taux d'occupation était d'environ 20% dans le dépôt DHA et 24% dans le dépôt DFMA.

Deux campagnes d'incinération et de fusion des déchets radioactifs ont eu lieu en 2012.

Au cours de l'exercice sous revue, l'IFSN n'a notifié aucun événement à ZWILAG.

L'IFSN en conclut que ZWILAG a respecté les conditions d'exploitation autorisées en 2012.

Institut Paul Scherrer (IPS) et réacteurs de recherche de Bâle et de Lausanne

Les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (IPS), comme le réacteur de recherche PROTEUS, le laboratoire chaud, le site de ramassage des déchets radioactifs provenant de la médecine, de l'industrie et de la recherche, ainsi que l'entrepôt fédéral pour déchets radioactifs, sont placés sous la surveillance de l'IFSN. Fin 2012, l'entrepôt fédéral pour déchets radioactifs présentait un taux d'occupation d'environ 85%.

Les travaux de démantèlement des deux réacteurs de recherche DIORIT et SAPHIR se sont déroulés sans incident radiologique. En 2012, le réacteur de recherche PROTEUS n'a plus réalisé d'activités d'exploitation ni émis d'irradiations.

En 2012, deux événements ont été notifiés dans les installations nucléaires de l'IPS. L'IFSN n'a notifié aucun événement, ni dans le réacteur de recherche de l'EPFL, ni dans celui de l'Université de Bâle.

L'IFSN en conclut que les conditions d'exploitation ont été respectées en 2012 tant auprès de l'IPS que des réacteurs de recherche de Lausanne et de Bâle.

Rejets de substances radioactives

En 2012, les rejets de substances radioactives dans l'environnement via les eaux usées et l'air d'évacuation des centrales nucléaires, du Centre de stockage intermédiaire ZWILAG, de l'IPS et des installations nucléaires de Bâle et de Lausanne ont enregistré des valeurs nettement inférieures aux limites fixées dans les autorisations. Il en a résulté, également pour les personnes vivant au voisinage immédiat d'une installation, une dose maximale calculée de moins de 1% de la radio-exposition annuelle naturelle.

Transports de matières radioactives

Dans le cadre des accords conclus, des assemblages combustibles provenant des centrales nucléaires suisses ont été retraités à La Hague (France) et à Sellafield (Grande-Bretagne). Du fait du moratoire sur le retraitement (art. 106, al. 4 LENU), ces

activités se limitent toutefois aux assemblages combustibles transportés avant juillet 2006 (début du moratoire de dix ans). Selon les termes du contrat, les déchets provenant du retraitement doivent être rapatriés en Suisse.

Après une interruption de six ans, le retour des déchets hautement radioactifs de AREVA NC La Hague a repris au cours de l'exercice sous revue. Une livraison de déchets de haute activité provenant de La Hague a eu lieu à l'automne 2012.

Tous les transports d'assemblages combustibles et de déchets radioactifs se sont déroulés dans le respect des limites de la radioprotection et des prescriptions en vigueur pour le transport de marchandises dangereuses.

Stockage en couches géologiques profondes

La deuxième étape de la procédure du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» est en cours depuis fin 2011. Pour les installations en surface, la Nagra a proposé plusieurs sites par région d'implantation. Ces propositions ont été discutées dans les régions représentées par les conférences régionales et leurs groupes spécialisés. Les différents comités des conférences régionales ont invité l'IFSN à les informer sur les critères de sécurité dans la procédure de sélection et sur le rôle qu'elle joue dans plusieurs manifestations, ainsi que pour répondre à des questions générales sur la sécurité et la géologie. Dans le même temps, l'IFSN a invité les autorités à participer à des séminaires sur des sujets spécialisés spécifiques et le Forum technique Sécurité à traiter de questions générales sur la sécurité du stockage en couches géologiques profondes.

Le Conseil fédéral a ordonné que les remarques et questions ouvertes figurant dans la démonstration

de la faisabilité du stockage géologique du projet des argiles à Opalinus soient systématiquement prises en compte et traitées par les responsables de la gestion des déchets. En 2012, l'IFSN a pris position sur le rapport correspondant de la Nagra.

Les exploitants des centrales nucléaires sont légalement tenus de calculer le montant prévisible des coûts de désaffectation et de gestion des déchets tous les cinq ans. Le fonds de désaffectation couvre les coûts de la désaffectation des installations nucléaires, le fonds de gestion couvre les coûts de la gestion des déchets radioactifs et des assemblages combustibles usés ainsi que leur stockage dans des dépôts géologiques profonds. Conformément à la loi, les exploitants alimentent ces deux fonds par leurs contributions. En 2012, l'IFSN a évalué les bases techniques de l'étude des coûts 2011 des exploitants de centrales nucléaires.

Les laboratoires souterrains, auxquels l'IFSN participe depuis des années en réalisant des projets de recherche, fournissent les données nécessaires au stockage en couches géologiques profondes. Les recherches géologiques sur les argiles à Opalinus se sont poursuivies en 2012 au laboratoire souterrain du Mont Terri (St-Ursanne, canton du Jura), dans le cadre d'une participation internationale. L'IFSN y a ses propres projets et coopérations. Une de ses expériences vise à identifier le comportement géo-mécanique des argiles à Opalinus, deux autres concernent l'analyse du comportement desiccateur des parois des galeries dans les argiles à Opalinus et l'évaluation d'une nouvelle méthode de mesure des perméabilités. La collaboration dans des groupes de travail nationaux et internationaux permet à l'IFSN de suivre les questions importantes qui se posent dans le monde à propos du stockage en couches géologiques profondes, ainsi que de rester à niveau dans les domaines de la science et de la recherche.

Summary and Overview

ENSI

ENSI, the Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, acting as the regulatory body of the Swiss Federation, assesses and monitors nuclear facilities in Switzerland. These include the five nuclear power plants, the interim storage facilities based at each plant, the Central Interim Storage Facility of ZWILAG at Würenlingen together with the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI) and the two universities of Basel und Lausanne. Using a combination of inspections, regulatory meetings, examinations and analyses together with reports from the licensees of individual facilities, ENSI obtains the required overview of nuclear safety in the relevant facilities. It ensures that the facilities comply with the regulations and operate as required by law. Its regulatory responsibilities also include the transport of radioactive materials from and to nuclear facilities and the preparations for a deep geological repository for nuclear waste. ENSI maintains its own emergency organisation, which is an integral part of the national emergency structure that would be activated in the event of a serious incident at a nuclear facility in Switzerland. The legislative framework for the ENSI's regulatory activities is as follows: the Nuclear Energy Act (NEA), the Nuclear Energy Ordinance (NEO), the Radiological Protection Act (StSG – only available in German), the Radiological Protection Ordinance (StSV – only available in German) together with other ordinances and regulations on reactor safety, the training of personnel, emergency preparedness, the transport of radioactive materials and the deep geological repository. Based on this legislative framework, ENSI formulates and updates its own guidelines. These guidelines stipulate the criteria for evaluating the current activities and future plans of the operators of nuclear facilities. Table 10 in the Appendix to this report gives an overview of the guidelines. The current guidelines are also available on the ENSI website (www.ensi.ch).

ENSI produces regular reports on its regulatory activities and nuclear safety in Swiss nuclear facilities. It fulfils its statutory obligation to provide the public with information on particular events and

findings in nuclear facilities. ENSI also organises events such as media conferences at which information on specific topics is disseminated.

This Surveillance Report is part of the regular reporting system of ENSI. In addition to this report, ENSI publishes an annual Radiological Protection Report and a Research and Experience Report. The original language of all reports is German. The summaries are translated into French and English. These reports are also available on the ENSI website at www.ensi.ch as are a range of specialist articles.

Content of this report

Chapters 1 to 4 of this Surveillance Report deal with operational experience, systems technology, radiological protection and the management of the nuclear power plants Beznau 1 and 2, Mühleberg, Gösgen and Leibstadt. Each chapter concludes with the ENSI safety rating for the relevant plant.

Chapter 5 deals with the Central Interim Storage Facility (ZWILAG) at Würenlingen. Chapters 6 and 7 cover the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute and the research reactors at the University of Basel and the Federal Institute of Technology in Lausanne. Chapter 8 deals with the transport of radioactive materials from and to Swiss nuclear facilities. Chapter 9 describes the work associated with the deep geological storage of radioactive waste. Finally, Chapter 10 deals with generic issues relevant to all facilities, including for example probabilistic safety analyses. The Appendix contains a series of explanatory tables and diagrams.

Nuclear power plants

In 2012, the five nuclear power plants in Switzerland (Beznau Units 1 and 2, Mühleberg, Gösgen and Leibstadt) were all operated safely and ENSI concluded that they had complied with their approved operating conditions. Licensees complied with their statutory obligations to provide ENSI with reports. All plants were rated as having good nuclear safety.

In 2012, there were 34 reportable events divided between the nuclear power plants in Switzerland as follows: 14 events at the two Beznau units, 9 at Gösgen, 5 at Leibstadt und 6 at Mühleberg. Four of the reportable events led to a scram, one each at Mühleberg and Gösgen and two at the Beznau nuclear power plant.

On the international INES scale of 0 to 7, ENSI rated 33 of the 34 events in nuclear power plants during 2012 as Level 0. ENSI rated one event as INES Level 1. This related to an incident at Unit 2 of the Beznau nuclear power plant where a generator failed to start during a regular function test of the energy diesel generator.

ENSI evaluates the safety of each nuclear power plant as part of a systematic safety evaluation. This takes account of both reportable events and other findings, in particular the results of more than 400 inspections conducted by ENSI during 2012.

Central Interim Storage Facility Würenlingen

The Central Interim Storage Facility of ZWILAG at Würenlingen consists of several interim storage halls, a conditioning plant and a plasma plant (incineration/melting plant). At the end of 2012, the cask storage hall contained 40 transport/storage casks with spent fuel assemblies and vitrified residue packages as well as six casks with decommissioned waste from the experimental nuclear power plant at Lucens. At the end of 2012, some 20% of the capacity of the HLW store was in use and about 24% of the ILW store.

During the year, ZWILAG conducted two campaigns to incinerate and melt radioactive waste.

ENSI recorded no reportable events at ZWILAG during 2012.

ENSI concluded that ZWILAG had complied with its approved operating conditions during 2012.

Paul Scherrer Institute (PSI) and the research reactors at Basel and Lausanne

ENSI is also responsible for the surveillance of the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI), the research reactor PROTEUS, the hot laboratory, the collection point for radioactive waste from medicine, industry and research and the Federal Interim Storage Facility. At the end of 2012, the

Federal Interim Storage Facility was using some 85% of its potential storage capacity.

From the radiological standpoint, decommissioning work at the two research reactors DIORIT and SAPHIR progressed correctly. During 2012, there were no further operational activities or radiation experiments at the PROTEUS research reactor.

During 2012, there were two reportable events at the Paul Scherrer Institute (PSI). ENSI recorded no reportable events at the research reactors at the Federal Institute of Technology in Lausanne or the University of Basel.

ENSI concluded that the nuclear facilities at PSI and the research reactors at Lausanne and Basel had complied with their approved operating conditions during 2012.

Release of radioactive materials

Last year, the amount of radioactive material released into the environment via waste water and exhaust air from the nuclear power plants, the Central Interim Storage Facility, the PSI and the nuclear facilities at Basel and Lausanne was considerably less than the limits specified in the operating licenses. Analyses showed that the maximum doses, including those for residents in the immediate vicinity of a plant, were less than 1% of the annual exposure to natural radiation.

Transport of radioactive materials

During 2012, spent fuel assemblies from Swiss nuclear power plants were reprocessed at La Hague (France) and Sellafield (Great Britain) under the terms of existing contracts. As a result of the reprocessing moratorium (Article 106 Paragraph 4 NEA) only fuel assemblies transported prior to July 2006 (start of the 10-year moratorium) are being reprocessed. Under the terms of the contracts, the waste produced during reprocessing must subsequently be returned to Switzerland.

The return of high level radioactive waste from the AREVA recycling facility in La Hague was resumed in 2012 following a gap of six years and in the autumn of 2012, La Hague returned a consignment of high level waste.

The consignments of fuel assemblies and radioactive waste were all transported in accordance with the limits specified in the regulations on the transport of hazardous waste and radiological protection.

Deep geological repository

At the end of 2011, the Sectoral Plan for the deep geological repository moved into its 2nd stage. NAGRA has proposed several different sites for surface facilities for each location. The proposals have been discussed in the regions, which are represented by regional conferences and their specialist groups. ENSI was invited by the various bodies of the regional conferences to attend a series of events at which it provided information on the safety criteria for the selection process and the role of ENSI. It also responded to general questions on safety and geology. In tandem with this, ENSI conducted seminars for public bodies on specific technical issues together with a Technical Safety Forum, which considered general questions relating to the safety of deep repositories.

The Swiss Federal Council has ruled that those with responsibility for waste management must compile a systematic record of the notes and outstanding issues from the Demonstration of Feasibility for the Opalinus Clay Project and then to process them. During the year under review, ENSI commented on the relevant report from NAGRA.

Every five years, the licensees of nuclear power plants are required by law to re-calculate the decommissioning and waste management costs. The decommissioning fund covers the cost of de-

commissioning nuclear facilities and the waste management fund covers the disposal of radioactive waste and spent fuel assemblies in a deep geological repository. Both funds are augmented by sums contributed by licensees as laid down in law. During 2012, ENSI evaluated the technical principles used in the 2011 cost study conducted by the licensees of nuclear power plants.

Some of the data required for the deep geological repository comes from research projects conducted at the Rock Laboratories: ENSI has been participating in these projects for several years. The geological research into the Opalinus clay at the Mont Terri Rock Laboratory (St. Ursanne, canton of Jura) conducted with international participation continued during 2012. In addition, ENSI is involved in its own projects and cooperation at Mont Terri. For example, one project is looking at the geo-mechanical behaviour of the Opalinus clay, two other projects are examining the behaviour of Opalinus clay tunnel walls on drying and a third is evaluating a new method of measuring porosity. Participation in national and international working groups provides ENSI with an opportunity to pursue at an international level issues relating to the disposal of waste in deep geological repositories and to remain up-to-date with the current state of science and research.



Blick auf das
Kernkraftwerk Beznau
Foto: ENSI

1. Kernkraftwerk Beznau

1.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2012 war im Block 1 des Kernkraftwerks Beznau (KKB) durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb geprägt. Im Block 2 wurde der Volllastbetrieb durch zwei Reaktorschnellabschaltungen unterbrochen. Nach der ersten Reaktorschnellabschaltung war die Anlage zur Behebung der auslösenden Störung während rund drei Wochen ausser Betrieb. Im zweiten Fall dauerte der Betriebsunterbruch einen Tag. Das ENSI stellt fest, dass das KKB die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten hat. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKB im Jahr 2012 in beiden Blöcken hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als gut, hinsichtlich Betriebs-Vorgaben als hoch sowie hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als gut. Hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage beurteilt das ENSI

die Sicherheit des KKB im Block 1 als gut und im Block 2 im Jahr 2012 als ausreichend.

Das KKB umfasst zwei weitgehend baugleiche Zwei-Loop-Druckwasserreaktor-Blöcke (KKB 1 und KKB 2), die in den Jahren 1969 und 1971 den Betrieb aufnahmen. Die elektrische Nettoleistung beträgt in beiden Blöcken jeweils 365 MW. Weitere Daten sind in den Tabellen 1 und 2 im Anhang zusammengestellt. Figur 7a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage.

Im **Block 1** kam es zu sechs meldepflichtigen Vorkommnissen. Sie wurden alle der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt.

Während des 53-tägigen Revisionsstillstands wurden unter anderem Brennelemente ausgewechselt sowie die Hauptleitungen des primären Nebenkühlwassersystems und ausserhalb des Containments liegende Frischdampfleitungen ersetzt. Daneben wurden System- und Komponententests

beim Abfahren sowie beim Wiederanfahren der Anlage durchgeführt.

Im Block 2 dauerte der Revisionsstillstand 21 Tage und diente primär dem Brennelementwechsel.

Im **Block 2** kam es zu sieben meldepflichtigen Vorkommnissen. Eines wurde der Stufe 1 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt, die übrigen der Stufe 0.

Ein weiteres meldepflichtiges Vorkommnis der Stufe 0 betraf **beide Blöcke**.

Im Berichtsjahr 2012 sind in beiden Blöcken keine Brennelementschäden aufgetreten.

Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurde eingehalten. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die dadurch verursachten zusätzlichen Strahlendosen für die Bevölkerung sind verglichen mit der natürlichen Strahlenexposition unbedeutend.

Der Anfall radioaktiver Rohabfälle entsprach dem aufgrund der durchgeführten Arbeiten zu erwartenden Umfang.

Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 112 Inspektionen durchgeführt. Wo erforderlich verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Ringraum
Foto: KKB



Drei Reaktoroperateure und fünf Schichtchefs bestanden ihre Zulassungsprüfung. Ein Reaktoroperateur-Anwärter absolvierte die kerntechnische Grundlagenausbildung an der Reaktorschule des PSI erfolgreich.

1.2 Betriebsgeschehen

Die Blöcke KKB 1 und KKB 2 erreichten im Jahr 2012 eine Arbeitsausnutzung¹ von 85,1% bzw. 87,3% und eine Zeitverfügbarkeit² von 85,5% bzw. 87,8%, wobei der unproduktive Anteil im Block 1 im Wesentlichen auf den Revisionsstillstand zurückzuführen war, im Block 2 auf den Brennelementwechsel sowie auf die Reparatur einer Reaktorhauptpumpe.

Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Die ausgekoppelte Wärme für das regionale Fernwärmenetz (REFUNA) belief sich im Jahr 2012 auf insgesamt 188,4 GWh.

Im **Block 1** dauerte der Stillstand 53 Tage, im **Block 2** 21 Tage. Für die Reparatur des Erregungssystems eines Generators im Block 1 wurde die Reaktorleistung am 31. Oktober 2012 kurzzeitig auf ca. 60% reduziert. Im Block 2 kam es zu zwei nachfolgend beschriebenen Reaktorschnellabschaltungen.

Im **Block 1** ereigneten sich 2012 sechs meldepflichtige Vorkommnisse, welche vom ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt wurden. Für die systematische Sicherheitsbewertung wird auf Kap. 1.8 verwiesen, für die risikotechnische Beurteilung auf Kap. 10.

- Während der Revisionsabstellung wurden alle Reaktordeckeldurchdringungen einer Prüfung unterzogen. An der Einschweißnaht eines Durchdringungsrohrs ergab eine Farbeindringprüfung am 27. Mai 2012 eine Anzeige, die sich am 12. Juni 2012 nach Beschleifen und erneuter Farbeindringprüfung bestätigte. Die fehlerhafte Stelle wurde nach einem speziell für diesen Zweck qualifizierten und vom ENSI im Jahr 2011 freigegebenen Overlay-Schweißverfahren repariert. Das Erscheinungsbild der Anzeige und die internationale Erfahrung deuten auf Spannungsrisskorrosion als Ursache hin.

¹ Arbeitsausnutzung: produzierte Energie bezogen auf die Nennleistung und eine hundertprozentige Zeitverfügbarkeit

² Zeitverfügbarkeit: Zeitanteil, in dem das Werk im Kalenderjahr in Betrieb oder in betriebsbereitem Zustand war

- Am 25. Juni 2012 wurde an einem Rohrbogen der Speisewasserleitung im Strang B eine lokale Unterschreitung der rechnerischen Mindestwandstärke festgestellt. Der Bogen befindet sich in der Abblasestation unmittelbar vor der Containmentdurchdringung. Es handelt sich nicht um eine erosionsbedingte und damit potenziell fortschreitende, sondern um eine fabrikationsbedingte Wanddickenschwächung. Die Messergebnisse wurden mit einem vom ENSI akzeptierten Verfahren bewertet. Auf der Basis der bisherigen Auslegungsvorgaben unterschreitet die gemessene Wanddicke die rechnerische Mindestwandstärke selbst im ungünstigsten Fall um weniger als 10%, womit die Anforderungen für einen befristeten Weiterbetrieb der Rohrleitung erfüllt sind. Durch den Befund ausgelöste Abklärungen haben gezeigt, dass die Auslegungsvorgaben nicht plausibel sind und bei einer Berichtigung der Auslegungsvorgaben möglicherweise gar keine Wanddickenunterschreitung vorliegt. Das ENSI verlangte vom KKB eine entsprechende Analyse.
- Zum Abschluss der Revisionsarbeiten wurde der RDB wieder mit Brennelementen beladen. Am 27. Juni 2012 kam es nach dem Absetzen des 20. Brennelements auf die Kerntagplatte und dem Entkoppeln vom Greifer des Manipulators zu einem Wegkippen des Brennelements. Es kippte gegen die Kernumfassung und verblieb in Schräglage an diese angelehnt. Beschädigungen wurden, neben Kratzern an der Kernumfassung, lediglich an der Niederhaltefeder des Brennelementkopfes festgestellt. Umgehend eingeleitete Messungen zeigten keine Aktivitätsfreisetzung. Auch wurde keine Beschädigung der bereits in den RDB eingesetzten Brennelemente festgestellt. Das gekippte Element wurde geborgen und ins Lagerbecken transferiert. Die Beladung des Reaktorkerns konnte mit leicht geändertem Beladeplan (ohne das betroffene Brennelement) mit Zustimmung des ENSI fortgesetzt werden. Als Ursache für das Kippen wird eine Fehlpositionierung neben den Zentrierbolzen angenommen. Zudem war eine der oben am RDB angebrachten Lampen ausgefallen, was die visuelle Positionskontrolle erschwerte.
- Während des jährlichen Austausches der RDB-Deckeldichtungen (O-Ringe) wurde am 30. Juni 2012 an der Nut der äusseren Dichtung visuell eine Vertiefung festgestellt. Die Bewertung des Befundes am 2. Juli 2012 zeigte, dass die Dichtfunktion der äusseren Dichtung nicht mehr ge-

währleistet gewesen wäre. Die fehlerhafte Stelle wurde mittels einer Reparaturschweissung instandgesetzt, nach einem Verfahren, das sich bei einem vergleichbaren Befund in einem anderen Kernkraftwerk bewährt hatte. Wahrscheinlich war bei einem früheren Dichtungswechsel ein O-Ring-Halter falsch positioniert worden, wodurch dieser beim Verschliessen des RDB-Deckels in die Dichtfläche gedrückt wurde. Die Dichtfunktion zwischen RDB und RDB-Deckel wurde während der betroffenen Zeitspanne durch die innere Dichtung sichergestellt.

- Am 15. Juli 2012 führte eine Störung im Regelkreis der Rückkühlung einer Kälteanlage zu einem kurzzeitigen Ausfall der beiden Kältekompressoren. Die betroffene Kälteanlage dient der Raumkühlung des Notstandgebäudes. Die Störung wurde nach einer Stunde behoben. Die Ursache konnte nicht eindeutig ermittelt werden. Angesichts der kurzen Dauer hatte die Störung keinen Einfluss auf die Verfügbarkeit der Notstandssysteme und auf den Anlagebetrieb. Angesichts der bereits mehrfach aufgetretenen Störungen dieser Art in beiden Blöcken des KKB verlangt das ENSI konzeptuelle Änderungen, welche derartige Ausfälle zukünftig ausschliessen.
 - Am 21. Dezember 2012 wurde an der Schweissnaht zwischen Entleerungsleitung und Pumpengehäuse der in Betrieb stehenden Ladepumpe eine Tropfleckage (ca. 1 Tropfen pro Minute) festgestellt. Ursache war ein fertigungsbedingter Riss. Bis zur Behebung der Leckage war anstelle der betroffenen Pumpe eine der beiden redundanten Pumpen in Betrieb. Die fehlerhafte Schweissnaht wurde nach einem vom ENSI genehmigten Plan instandgesetzt. Die Leckage tangierte die Funktionsfähigkeit der Pumpe nicht. Diese war einsatzbereit ausser während der Schadensuntersuchung und Reparatur.
- Im **Block 2** ereigneten sich im Berichtsjahr sieben Vorkommnisse. Eines wurde der Stufe 1 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt, die anderen sechs der Stufe 0.
- Durch die Betriebsmannschaft wurde am 23. März 2012 um 18:41 Uhr an der Reaktorhauptpumpe A eine unzulässig hohe Sperrwasserrücklaufmenge der Wellendichtung festgestellt. Übersteigt dieser Rücklauf einen festgelegten Wert, so muss die Reaktorhauptpumpe gemäss Betriebsvorschrift innerhalb von 8 Stunden abgeschaltet werden. Aufgrund einer erhöhten Stromaufnahme und des Ansprechens der

Vibrationsüberwachung der betroffenen Pumpe wurde um 19:05 Uhr entschieden, vorsorglich eine Reaktorschnellabschaltung von Hand auszulösen und die Reaktorhauptpumpe A ausser Betrieb zu nehmen.

Da aufgrund der vorliegenden Symptome mit einem grösseren Reparaturumfang an der Reaktorhauptpumpe A gerechnet werden musste, wurde in der Folge die Anlage zur Inspektion und Instandsetzung der Reaktorhauptpumpe A abgekühlt und die Brennelemente aus dem Reaktorkern entladen. Nach der Demontage der Wellendichtungen wurden diverse Inspektionen zur Ermittlung der Schadensursache durchgeführt. Auf Grund des Schadensbefundes wurde der gesamte Innenblock der Pumpe bestehend aus Welle, Laufrad und thermischer Barriere durch einen Reserveinnenblock ersetzt.

Die Reaktorhauptpumpe A gehört zu den Komponenten des Reaktorkühlsystems, welche die Aufgabe hat, im Leistungsbetrieb das Kühlmittel umzuwälzen. Die durch die Kernspaltung im Reaktordruckbehälter erzeugte Wärme wird mittels der beiden Reaktorhauptpumpen A und B in die Dampferzeuger transportiert. Die erzeugte Wärme wird dabei über die Dampferzeuger an die Turbinengruppen zur Stromerzeugung abgegeben. Im abgeschalteten Zustand ist die Anlage in der Lage, die Restwärme im Naturumlauf (das heisst ohne laufende Reaktorhauptpumpen) an die Dampferzeuger abzugeben. Selbst bei einem abrupten Blockieren der Reaktorhauptpumpe ist der Wärmetransport noch gewährleistet.

Das KKB tauschte alle von der Störung betroffenen Teile an der Reaktorhauptpumpe A aus. Im Rahmen der Untersuchung der ausgebauten Teile konnte die Ursache der Pumpenstörung ermittelt werden. Infolge einer nicht korrekten Auflage des Tragringes der ersten Wellendichtung hatte dieser während des Betriebes der Pumpe ein zu grosses Spiel und führte in der Folge zu der Pumpenstörung. Dieses zu grosse Spiel war auf eine falsche Angabe in einer Fertigungszeichnung eines Ersatzteillieferanten zurückzuführen. Im Rahmen der Pumpenreparatur konnte der auslegungsgemässe Zustand der Reaktorhauptpumpe wieder hergestellt werden. Das ENSI hat nach der manuellen Reaktorschnellabschaltung im Rahmen von Inspektionen die Pumpenreparatur begleitet und sich vergewissert, dass keine Einwände gegen das Wiederanfahren der Anlage vorlagen.

■ Während der Beladung des Reaktors kam es am 10. April 2012 zum Ausfall der Containment-Aktivitätsmessung, welche die Luft im Containment radiologisch überwacht. Ursache war ein Lagerschaden der Pumpe, welche die Luft in den Aktivitätsmonitor fördert. Nach Austausch der Pumpe war die Aktivitätsmessung nach rund 2 Stunden wieder verfügbar. Die radiologische Überwachung der Luft im Containment war durch die Kamininstrumentierung permanent sichergestellt, welche die Abluft aus dem Containment überwacht. Wie immer während des Beladens war zudem ein mobiler Aerosolmonitor im Containment im Einsatz.

■ Am 29. April 2012 führte eine Störung im Regelkreis einer Kälteanlage zu einer kurzzeitigen Nichtverfügbarkeit. Die betroffene Kälteanlage dient der Raumkühlung des Notstandgebäudes. Die Störung wurde innert 30 Minuten behoben. Angesichts der kurzen Dauer hatte die Störung keinen Einfluss auf die Verfügbarkeit der Notstandsysteme und auf den Anlagebetrieb. Das Vorkommnis ist mit jenem vom 15. Juli 2012 im Block 1 vergleichbar.

■ Beim periodischen Funktionstest des Notstand-Dieselmotors am 10. Mai 2012 startete dieser nicht. Das Aggregat wurde mit Druckluft angefahren, zündete aber nicht. Das aufgebote Fachpersonal des KKW Beznau entlüftete die Kraftstoff-Zufuhrleitung. Beim anschliessenden Startversuch lief das Aggregat an. Als Erklärung für das Startversagen steht im Vordergrund, dass in der Zeit vom 18. April bis 1. Mai 2012 eine Pumpe, die Kraftstoff aus einem Leckagebehälter in den Tank zurückpumpt, dauernd in Betrieb war. Ursache war der Ausfall einer Sonde, die den Füllstand im Leckagebehälter registriert. Dadurch wurde aber möglicherweise Luft in das Kraftstoffsystem gebracht. Für die risikotechnische Bewertung des Vorkommnisses wird davon ausgegangen, dass der betroffene Notstand-Dieselmotor während der Hälfte der Zeit seit dem letzten erfolgreichen Funktionstest, der am 5. April 2012 stattgefunden hatte, nicht verfügbar war. Das Vorkommnis wurde der Stufe 1 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt.

■ Am 1. Juli 2012 öffneten die Spaltfeldschalter einer Notstromschiene im Wasserkraftwerk Beznau, hervorgerufen durch eine Störung im externen 50-kV-Netz bei einem heftigen Gewitter. Die Notstromschiene schaltete auslegungsgemäss automatisch auf Inselbetrieb. Nach Störungsende konnten die Spaltfeldschalter geschlossen



Demontage und
Montage des
RDB-Deckels
Foto: KKB

und der Normalzustand wieder erstellt werden. Der Leistungsbetrieb des Blocks 2 war durch diese Störung nicht beeinträchtigt. Block 1 befand sich im Revisionsstillstand.

- Während des monatlichen Probelaufs der Sicherheitseinspeisepumpen wurde am 22. August 2012 eine geringe Leckage an einer Schweissnaht festgestellt. Betroffen war die Schweissnaht, mit der ein zu einer Entlüftungsarmatur führendes Rohrstück an die gemeinsame Mindestmengenleitung der Containment-Sprüh-pumpen angeschlossen ist. Diese Leitung führt in die Mindestmengenleitung der Sicherheitseinspeisepumpen, welche das bei Probelaufen geförderte Borwasser in den Vorrattank zurückführt. Die Verfügbarkeit der Sprüh-pumpen und der Sicherheitseinspeisepumpen war nicht beeinträchtigt. Die Leckstelle wurde mit einer speziell angefertigten Schelle gesichert und die Leckage kontrolliert in den Abwassertank abgeführt. Im kurz darauf folgenden Stillstand wurde das fehlerhafte Rohrstück ersetzt.
- Am 21. November 2012 löste ein Sicherungsautomat in einem Leittechnikschrank im Notstandsgebäude fälschlicherweise aus. Dies führte zum Schliessen beider Speiswasserregelventile. Die Diskrepanz zwischen Frischdampfentnahme und Speiswasserzufuhr in Kombination mit dem sinkenden Füllstand der Dampferzeuger löste auslegungsgemäss eine korrekt abgelaufene Reaktorschnellabschaltung aus. Ursache war ein Defekt des Sicherungsautomaten. Die Sicherungsauto-

maten dieser Baureihe wurden im Block 1 bereits 2012 ersetzt; für 2013 ist der Austausch im Block 2 vorgesehen. Durch die Aufschaltung eines baugleichen Reserve-Sicherungsautomaten wurde die Störung behoben. Alle von der Störung oder den nachfolgenden Instandhaltungsarbeiten direkt betroffenen Komponenten wurden erfolgreich einer Funktionskontrolle unterzogen. Danach stimmte das ENSI dem Wiederanfahren zu.

Das nachfolgend beschriebene Vorkommnis betrifft beide Blöcke. Es wurde vom ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala zugeteilt.

- Die Überwachungsgeräte der dynamischen Inverter in der Notstandsleittechnik sind gemäss Technischer Spezifikation alle drei Monate zu prüfen. Der vom Planungssystem automatisch ausgelöste Auftrag für die Prüfung im Dezember 2011 wurde von der zuständigen Planungsstelle irrtümlich erst für März 2012 terminiert. Bei der Ausführung am 8. März 2012 wurde die Überschreitung des Prüfintervalls festgestellt. Die Prüfung selbst wurde erfolgreich durchgeführt. Die letzten zwei Prüfungen vor dem Ereignis hatten jeweils keine Befunde ergeben. Seit der Einführung der Prozesssteuerung mit diesem Planungssystem war dies die erste Überschreitung von vorgegebenen Prüfintervallen. Neu werden die gesetzten Termine und die Ausführung von Prüfungen gemäss Technischer Spezifikation zusätzlich durch eine unabhängige Kontrolle überwacht, um so Überschreitungen von Prüfintervallen vorzubeugen.

Eine Zusammenstellung von Vorkommnissen der vergangenen zehn Jahre ist im Anhang in Figur 2 dargestellt. Eine Übersicht über die meldepflichtigen Vorkommnisse im Berichtsjahr findet sich in Tabelle 4.

In den Revisionsabstellungen 2006 und 2007 waren die Dichtungen der Notstand-Speisewasserpumpen beider Blöcke unter Beachtung der Herstellervorgaben angepasst worden, um die Anfälligkeit gegen Blockierung durch Schmutzteile zu verringern. Im Jahre 2010 wurde im Rahmen von ausserplanmässigen Einspeiseversuchen erkannt, dass es durch diese Anlagenänderung zu einer Veränderung der Einspeisecharakteristik der Notstand-Speisewasserpumpen gekommen war, so dass im Anforderungsfall weniger Wasser in die Dampferzeuger eingespeist würde. Diese Abweichung von der Auslegung wurde dem ENSI im Jahr 2011 gemeldet. Das KKB reichte im Jahr 2012 umfangreiche neue hydraulische Analysen sowie eine Überarbeitung der gültigen Störfallanalyse ein. Diese Analysen zeigen auf, dass die geringere Einspeisekapazität der Notstand-Speisewasserpumpen unter konservativen Randbedingungen weiterhin ausreicht, um die Nachzerfallswärme abzuführen und die Anlage in einen sicheren Zustand zu überführen. Das ENSI prüfte diese Analysen und kam zum Ergebnis, dass die Funktion des Notstand-Speisewassersystems auch bei der verringerten Einspeisemenge der Pumpen weiterhin sicher gewährleistet ist.

Abgehobener
RDB-Deckel
Foto: KKB

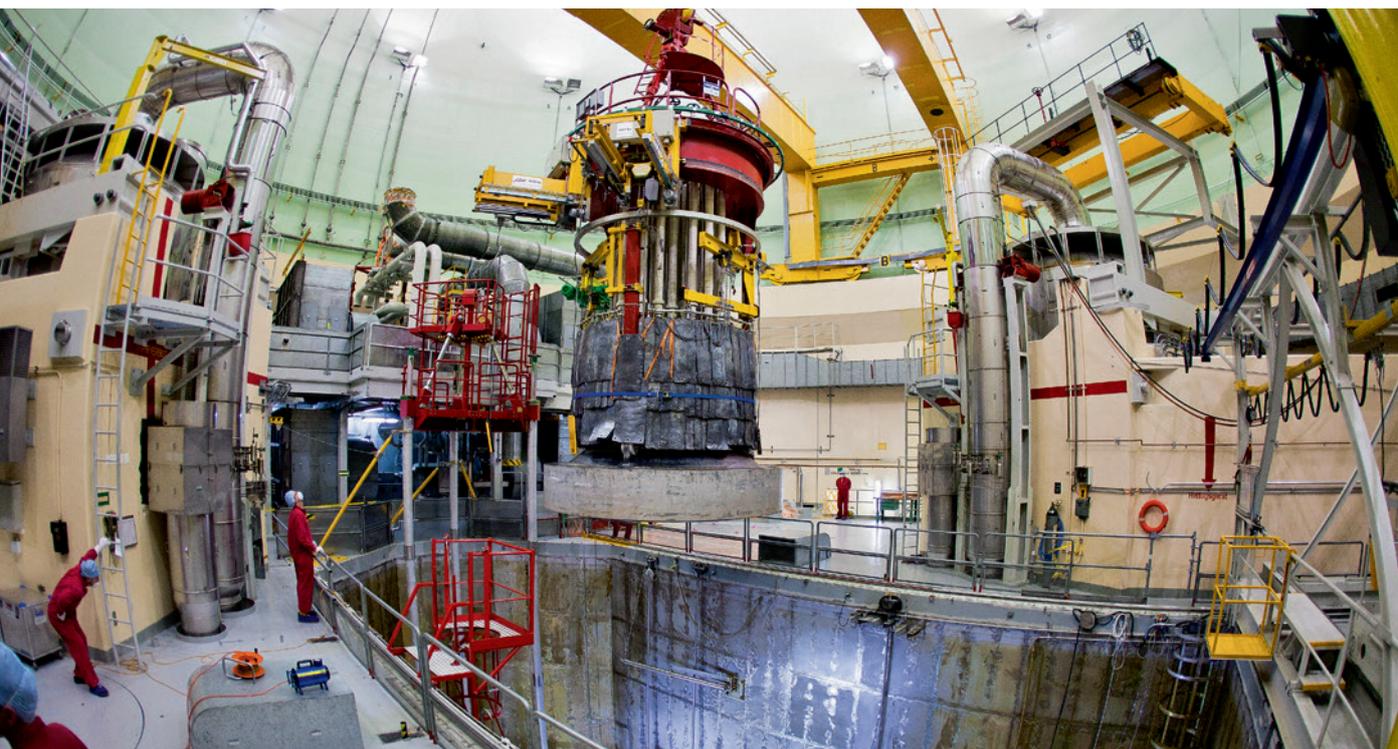
1.3 Anlagentechnik

1.3.1 Revisionsarbeiten

Im Revisionsstillstand des **Blocks 1** vom 18. Mai bis 10. Juli 2012 wurden geplante Tätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen mechanischer und elektrischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. In Ergänzung zu den Revisionsarbeiten wurden zahlreiche Anlagenänderungen vorgenommen (vgl. Kap. 1.3.2).

Nachfolgend sind die wichtigsten zerstörungsfreien Prüfungen aufgeführt:

- Mit einem qualifizierten Ultraschall-Prüfsystem wurden am RDB die Deckeldurchführungsrohre im Bereich der Einschweissnähte auf axial- und umfangsorientierte Risse und Leckagepfade untersucht. Mit Ausnahme des in Kap. 1.2 beschriebenen Befundes wurden weder Rissanzeigen noch Leckagepfade festgestellt.
- An den Lippendichtschweissnähten der Regelstab-Antriebsstangengehäuse wurden visuelle Prüfungen durchgeführt. Es wurden keine Borsäureablagerungen festgestellt.
- Die Heizrohre der beiden Dampferzeuger wurden mit einem mechanisierten Wirbelstromprüfsystem geprüft. Dabei wurden die Heizrohre auf Ermüdungsrisse und Spannungsrissskorrosion an



den inneren und äusseren Rohroberflächen sowie auf Wanddickenschwächungen der Rohre infolge von Abrieb im Bereich der Stützkonstruktion untersucht. Die Prüfungen ergaben keine bewertungspflichtigen Anzeigen.

- Bei der Wirbelstromprüfung der Kerninstrumentierungsrohre wurden einige bewertungspflichtige Anzeigen festgestellt. Sie wurden alle als zulässig bewertet. Die Bewertungsgrundlage war vorgängig vom ENSI geprüft und akzeptiert worden.
- Die plattierte Innenoberfläche des Druckhalters wurde in ausgewählten Bereichen einer indirekten visuellen Prüfung mit einem Kamerasystem unterzogen. Die gezielte Prüfung auf Oberflächenfehler umfasste die Bereiche der rostfreien Plattierung im mittleren Übergangsbereich von der Dampfphase zur flüssigen Phase im Normalbetrieb sowie die Kanten der Instrumentierungsstützen und der Entlastungsstützen. Es zeigten sich keine bewertungspflichtigen Auffälligkeiten. Im Rahmen der Wiederholungsprüfungen elektrischer Ausrüstungen wurden alle von der Technischen Spezifikation verlangten wiederkehrenden Funktionskontrollen und Prüfungen an elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen erfolgreich durchgeführt.

Der **Block 2** wurde vom 28. August bis 18. September 2012 für den Brennelementwechsel abgestellt. Weitere Arbeiten waren System- und Komponententests beim Abfahren sowie beim Wiederanfahren der Anlage. Am RDB wurden visuelle Prüfungen durchgeführt, insbesondere am RDB-Deckel, an den Regelstabantrieben und an den Regelstab-Antriebsstangengehäusen. Zusätzlich wurden die Lippendichtschweissnähte der Regelstab-Antriebsstangengehäuse in die Prüfungen einbezogen. Es wurden keine bewertungspflichtigen Anzeigen festgestellt. An den Lippendichtschweissnähten wurden keine Borsäureablagerungen gefunden.

Wegen erhöhter Schwingungen an der Reaktorhauptpumpe A wurden Teile der Dichtungspartie gewechselt und die Pumpe gewuchtet. An der Reaktorhauptpumpe B wurden wegen erhöhtem Sperrwasserrücklauf ebenfalls Teile der Dichtungspartie ersetzt.

Im Rahmen der Wiederholungsprüfungen elektrischer Ausrüstungen wurden alle von der Technischen Spezifikation verlangten wiederkehrenden Funktionskontrollen und Prüfungen an elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen erfolgreich durchgeführt.

1.3.2 Anlageänderungen

Im **Block 1** wurden folgende Anlageänderungen durchgeführt:

- Alle Bögen und die geraden Rohre der Frischdampfleitungen im Bereich zwischen den Containmentdurchdringungen und den Schnellschlussarmaturen wurden ersetzt. Die Leitungen wurden erneuert, da in den Jahren 2006 und 2007 herstellungsbedingte lokale Unterschreitungen der rechnerischen Mindestwandstärke festgestellt worden waren. Der Weiterbetrieb wurde damals durch das ENSI befristet freigegeben.
- Jeweils eine der doppelt vorhandenen Containment-Absperrarmaturen des Ringraum-Rückpumpsystems und des Aktivitätsüberwachungssystems wurde in das Containment versetzt. Diese Anlageänderung führt zu einer Verbesserung der Erdbebensicherheit der Containmentisolation.
- Die Leitungen des primären Nebenkühlwassersystems waren grösstenteils aus Kohlenstoffstahl gefertigt und seit 40 Jahren ununterbrochen im Einsatz. Unter dem Einfluss des sauerstoffreichen Aarewassers musste mit Wanddickenschwächungen durch Korrosion und Leckagen gerechnet werden. Deshalb wurden alle Hauptleitungen des Systems durch solche in rostfreier Ausführung ersetzt. Zur Verbesserung der Wasserversorgung bei Anlagestillständen soll künftig der stillstehende Block aus dem Zulaufkanal des laufenden Blocks versorgt werden. Dazu wurde der Anschluss zum Kanal der Turbogruppe 12 erstellt und die zugehörigen Armaturen eingebaut. Die Inbetriebnahme wurde erfolgreich durchgeführt, zusammen mit dem analogen Anschluss in Block 2, der bereits 2011 erstellt worden war.
- Im Rahmen des altersbedingten Ersatzes der gesamten elektrischen Installationen der Rundlaufkräne und dem Ersatz der Krankatzen beider Blöcke wurde der Rundlaufkran des Blocks 1 umfassend saniert. Die Arbeiten bestanden aus dem Ersatz der bestehenden Krankatze durch eine neu konstruierte Krankatze mit von 93 t auf 100 t erhöhter Traglast, dem Austausch sämtlicher elektrischer Installationen inklusive Kransteuerung sowie der Sanierung der bestehenden Kranbrücke. Die mechanische Auslegung der Katze erfolgte neu nach dem KTA-Regelwerk und erfüllt somit einen höheren Sicherheitsstandard als bisher.
- Im Notstandsgebäude wurden Anschlüsse für die Accident-Management-Notstromspeisung

installiert. Mit einem Einspeiseversuch konnte die verlangte elektrische Versorgung der Verbraucher bestätigt werden.

- Die 125 Niederspannungs-Leistungsschalter werden in einem Zeitraum von fünf Jahren ersetzt. Während des Revisionsstillstands 2012 wurden 36 Schalter in den klassierten Schaltanlagen ausgetauscht.

Die geänderten Systeme und Komponenten wurden vor dem Wiederaufstart der Anlage getestet und funktionierten einwandfrei.

Im **Block 2** wurden folgende Anlageänderungen durchgeführt:

- Im Vorfeld des geplanten Austausches der Umluftkühler im Containment im Jahre 2013 wurde die Verbindung des Podestes mit der inneren Ringwand mittels zusätzlicher Schweissnähte verstärkt.
- Für die Anschlüsse der Accident-Management-Notstromspeisung wurden im Notstandgebäude die vorbereitenden Massnahmen wie Mauerdurchbrüche und Kabelverlegung bis zum Einspeisepunkt ausgeführt. Der definitive Anschluss an die Niederspannungsschiene des Notstandsystems ist für die nächste Revisionsabstellung geplant.

1.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Die Blöcke 1 und 2 des KKB werden mit je 121 Brennelementen betrieben. Im Betriebszeitraum traten keine Defekte an Brennelementen auf. Die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe war somit gegeben.

Während des Revisionsstillstands wurden im Block 1 insgesamt 20 abgebrannte Brennelemente durch 20 neue ersetzt. Dabei handelt es sich um solche mit wiederaufgearbeitetem Uran (WAU), das 4,62 Gewichtsprozent Spaltstoff aufweist. Beim Wiederbeladen des Reaktorkerns kippte ein Brennelement seitlich gegen die Wand der Kernumfassung (vgl. Kap. 1.2). Das betroffene Brennelement-Quartett wurde durch ein äquivalentes Quartett ausgetauscht. Diese geringfügige Änderung der Kernbeladung wurde dem ENSI termingerecht gemeldet und in der Berechnung der endgültigen Kernbeladung berücksichtigt. Der Reaktorkern des Blocks 1 enthält aktuell im 41. Betriebszyklus 1 Uran-Brennelement, 112 WAU-Brennelemente und 8 Brennelemente mit Uran/Plutonium-Mischoxid (MOX).

Auch im Block 2 wurden 20 abgebrannte Brennelemente durch 20 neue WAU-Brennelemente mit

einem Spaltstoffgehalt von 4,62 Gewichtsprozent ersetzt. Es wurden die letzten MOX-Brennelemente ausgeladen. Die Handhabung der Brennelemente verlief ohne Vorkommnis. Der Reaktorkern enthält im 39. Betriebszyklus 4 Uran-Brennelemente und 117 WAU-Brennelemente.

Beide Reaktoren wurden mit freigegebenen und qualitätsgeprüften Brennelementen bestückt. Die neuen vom ENSI freigegebenen Kernbeladungen erfüllten entsprechend der Dokumentation alle Anforderungen. Alle Steuerelemente erfüllten die Kriterien für einen weiteren Einsatz. Es lagen keine Hinweise auf Steuerelementdefekte vor. Deshalb wurden gemäss dem langfristigen Inspektionsplan keine Steuerelementinspektionen durchgeführt.

Im Berichtszeitraum sind die Reaktorkerne beider Blöcke auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Das Wiederaufstarten beider Blöcke verlief einwandfrei und wurde vor Ort durch das ENSI inspiziert. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnungen überein. Es kam zu keiner Überschreitung der Betriebsgrenzen.

1.3.4 Massnahmen nach Fukushima

Das KKB hat dem ENSI fristgerecht am 30. März 2012 die in der Verfügung vom 1. April 2011 geforderten Nachweise zur Beherrschung eines 10 000-jährlichen Erdbebens sowie der Kombination von Erdbeben und Hochwasser eingereicht. Bereits vorgängig waren die Erdbebenfestigkeitsnachweise (Fragilities) für alle relevanten Bauwerke, Systeme und Komponenten fertiggestellt worden. Neben der Sicherheit des Kernreaktors, des Primärkreislaufs und des Containments war gemäss der ENSI-Verfügung vom 5. Mai 2011 auch die Auslegung der Brennelementlagerbecken, -gebäude und -kühlsysteme zu überprüfen und die Einhaltung der zulässigen Dosislimiten für diese Störfälle nachzuweisen. Aufgrund der Prüfung der eingereichten Dokumentation kam das ENSI zum Schluss, dass die Kernkühlung und die Kühlung des Brennelementlagerbeckens unter Einwirkung eines 10 000-jährlichen Erdbebens und der Kombination von Erdbeben und erdbebenbedingtem Hochwasser einzelfehlersicher gewährleistet sind. Die Dosislimiten von 100 mSv wird bei diesen Störfällen eingehalten. Das Kriterium gemäss Art. 3 der «Ausserbetriebnahmeverordnung» (SR 732.114.5) wird nicht erreicht. Aus der Stellungnahme des ENSI zum Erdbebenachweis des KKB resultieren dennoch

Forderungen, welche die Massnahmen zu Verhinderung einer unzulässigen Füllstandabsenkung im Brennelementbecken und die durchgängig erdbebenfeste Ansteuerung vom Notstandleitstand der Frischdampf-Abblaseventile betreffen. Termingerecht hat das KKB zur ersten Forderung Stellung genommen. Daraufhin hat das ENSI die vorgeschlagenen Massnahmen als geeignet und die betroffene Forderung als erfüllt beurteilt. Die weiteren geforderten Abklärungen wurden für 2013 terminiert. In einer am 28. November 2012 durchgeführten Schwerpunktinspektion zum langandauernden Verlust der Stromversorgung überzeugte sich das ENSI von der Verfügbarkeit und der Eignung der zur Beherrschung des langandauernden Totalausfalls der Wechselstromversorgung vorgesehenen Einrichtungen für die Accident-Management-Massnahmen. Die vorgestellte Strategie zur Beherrschung des langandauernden Totalausfalls der Wechselstromversorgung bewertete das ENSI als zielführend. In derselben Inspektion kontrollierte das ENSI die korrekte Ausführung der laut ENSI-Verfügung vom 5. Mai 2011 auf Ende 2012 verlangten externen elektrischen und hydraulischen Anschlüsse für AM-Massnahmen. Es konnte dabei die Erfüllung der Forderung aus der Verfügung festgestellt werden.

Am 5. Dezember 2012 führte das ENSI eine Schwerpunktinspektion zu den Prozessen und Vorgabedokumenten zur Auswertung externer Vorkommnisse durch. Die Inspektion zeigte, dass geeignete Vorgaben für die Auswertung der für das KKB relevanten externen Vorkommnisse vorhanden sind. Ebenso sind die Übergänge zu den für die Umsetzung abgeleiteter Massnahmen relevanten Prozessen festgelegt. Das ENSI stellte fest, dass die Vorgaben bezüglich des Profils für Fachvertreter im Arbeitsteam, das die Auswertung im Werk vornimmt, erst im Entwurf vorhanden sind und verlangte Korrekturmaassnahmen.

1.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2012 wurden im KKB folgende Kollektivdosen ermittelt:

Kollektivdosis	KKB 1	KKB 2	KKB 1+2
Revisionsstillstand*	544 Pers.-mSv	111 Pers.-mSv	709 Pers.-mSv
Leistungsbetrieb	40 Pers.-mSv	41 Pers.-mSv	81 Pers.-mSv
gesamtes Jahr	584 Pers.-mSv	153 Pers.-mSv	790 Pers.-mSv

* Im Block 2 wurden Brennelementwechsel und Zwischenabstellung zusammengefasst

Im Kalenderjahr 2012 wurde in den beiden Blöcken des KKB eine Kollektivdosis von 790 Pers.-mSv verzeichnet. Die höchste im KKB registrierte Individualdosis betrug 8,0 mSv und lag deutlich unterhalb des Dosisgrenzwerts nach Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Das entsprechende betriebseigene Planungsziel von maximal 10 mSv pro Person und pro Jahr wurde eingehalten. Es wurden weder Personenkontaminationen, die nicht mit herkömmlichen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen über der Triageschwelle gemäss Dosimetrieverordnung festgestellt.

Das ENSI hat anlässlich seiner Inspektionen unterschiedliche Strahlenschutzaspekte überprüft und überwiegend vorgabenkonforme Zustände und richtiges Verhalten angetroffen. Bei einer Inspektion wurde jedoch das Verhalten von Mensch und Organisation als verbesserungsbedürftig bewertet, da im KKB 2 die Aktualität der Beschilderung, die Abtrennung an Zonengrenzen und die Anpassung der Planung entsprechend der laufenden Arbeiten nicht dem Sollzustand entsprach. Der vorbildliche Dosisleistungsatlas wurde hingegen als «gute Praxis» beurteilt.

Der Block 2 wurde Ende März 2012 unplanmässig für die Reparatur der Reaktorhauptpumpe A von Hand abgestellt (vergl. Kap. 1.2). Anzeichen auf Brennelementschäden gab es dabei keine. Unter Einbezug aller Arbeiten ergab sich für die 23 Tage dauernde Zwischenabstellung eine Kollektivdosis von 55,4 Pers.-mSv.

Beim Abfahren des Blocks 1 zur geplanten Revisionsabstellung gab es keine Hinweise auf Brennelementschäden. Die ursprünglich geplante Stillstandsdauer von 48 Tagen musste um rund 5 Tage verlängert werden, weil aufgrund von Rissanzeigen Reparaturarbeiten am RDB-Deckel notwendig waren. Die akkumulierte Kollektivdosis betrug 544 Pers.-mSv. Die Planungs-dosis von 433 Pers.-mSv wurde um 26% überschritten. Die befundbedingten Reparaturarbeiten am RDB-Deckel ergaben eine Exposition von 82 Pers.-mSv. Im Rahmen der Prognosegenauigkeit entsprachen die effektiv akkumulierten Jobdosen den Planungswerten.

Im Berichtsjahr wurde im Block 2 die geplante Abstellung für einen Brennelementwechsel durchgeführt. Das Abfahren der Anlage verlief ebenfalls ohne Hinweise auf Brennelementschäden. Nach einer Stillstandsdauer von 21 Tagen wurde der Leistungsbetrieb gegenüber der Planung mit 10 Tagen Verzögerung aufgrund von Prüfarbeiten an den



Reaktorhauptpumpen A und B wieder aufgenommen. Die akkumulierte Kollektivdosis betrug 55,6 Pers.-mSv. Die Planungs-dosis von 69 Pers.-mSv wurde um 19% unterschritten, da für drei Arbeiten die akkumulierte Dosis niedriger war als geplant. Für die übrigen Arbeiten wurde mit 24 Pers.-mSv eine um 33% höhere Dosis akkumuliert als zuvor abgeschätzt, da die Arbeiten an den Dichtungen der Reaktorhauptpumpen nicht eingeplant waren. Das ENSI bemerkt, dass das verantwortliche Strahlenschutzpersonal kontinuierlich Verbesserungsmöglichkeiten sucht und zielgerichtet umsetzt. Der KKB-Strahlenschutz wird bei der Revisionsplanung früh einbezogen und trägt damit zur guten Koordination der Tätigkeiten bei. Die im ENSI-Aufsichtsbericht 2011 angesprochene enge Personalsituation in der Leitung des operationellen Strahlenschutzes hat sich verbessert. Das KKB ist weiterhin bestrebt, einen soliden Bestand an gut qualifiziertem, erfahrenem und motiviertem Strahlenschutzfachpersonal für den längerfristigen Normalbetrieb der Doppelblockanlage und für die geplanten, anspruchsvollen Revisionen aufzubauen.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKB betragen rund 17% des Jahresgrenzwerts. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern zeigten Übereinstimmung mit den vom KKB gemeldeten Analyseergebnissen. Aus den tatsächlich über die Abluft und das

Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnete das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB unter ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen weniger als 0,001 mSv für Erwachsene, rund 0,001 mSv für Zehnjährige und rund 0,0016 mSv für Kleinkinder und lagen deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss der Richtlinie ENSI-G15. Die Dosisleistungsmesssonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an ausgewählten Stellen am Zaun des Kraftwerkareals angebracht sind, zeigten keine nennenswerte Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKB wurden ebenfalls keine signifikanten Erhöhungen gegenüber der Untergrundstrahlung festgestellt. Die nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerkareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten. Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb der Anlage Beznau wird auf den Strahlenschutzbericht 2012 des ENSI verwiesen.

1.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKB regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der

Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 28 m³ etwa gleich wie im Vorjahr. Der Anfall bewegt sich innerhalb der mehrjährigen Schwankungsbreite auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKB vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt (Nebenanlagengebäude, ZWIBEZ). Der Bestand an unkonditionierten Abfällen liegt im KKB mit 66 m³ unter dem Fünfjahresmittelwert. Brenn- und schmelzbare Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren kommen im KKB die Einbindung von Harzen in Polystyrol sowie die Zementierung von Schlämmen zum Einsatz. Für alle Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und Richtlinie ENSI-B05 erforderlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden Schlämme konditioniert. Die Harze werden über mehrere Jahre gesammelt und dann kampagnenweise konditioniert. Die Einbindung der Harze in eine organische Matrix erhöht den organischen Anteil im zukünftigen geologischen Tiefenlager. Das ENSI verfolgt kontinuierlich die internationale Entwicklung von Konditionierungsverfahren. Es kommt basierend auf dem aktuellen Kenntnisstand zur Einschätzung, dass Alternativen, die im Endprodukt weniger organische Anteile haben, andere gewichtige produkt- oder prozessbezogene Nachteile aufweisen. Zudem müssen die geologischen Tiefenlager gemäss heutigem Planungsstand aus verschiedenen Gründen um ein Vielfaches höhere Gasproduktionsraten sicher beherrschen, als sie aus den organischen Abfallbestandteilen im Betriebsabfall der Kernkraftwerke unter ungünstigsten Bedingungen entstehen können.

Die konditionierten Abfallgebände werden routinemässig in die werkseigenen Zwischenlager (Rückstandslager und SAA-Lager des ZWIBEZ) eingelagert. Das KKB nutzt aber auch die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Die radioaktiven Abfälle des KKB sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die In-

formation über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Ein wichtiges Element bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKB wurden im Jahr 2012 insgesamt 55 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen.

1.6 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des KKB ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werksareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen und einer entsprechenden Auslegung der Anlage hat das Werk die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Das ENSI hat im März 2012 anlässlich der Werksnotfallübung LAKI die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Bei der Übung wurden für beide Blöcke unterschiedliche Szenarien unterstellt. Im Block 2 kam es durch Fehlfunktionen zu einer namhaften Ansammlung von radioaktivem Iod. Bei einem Leitungsbruch in Kombination mit dem Ausfall der Ventilation im Nebengebäude strömten radioaktive Stoffe über eine für Reparaturzwecke geöffnete Luke unkontrolliert ins Freie. Im Block 1 ereignete sich unabhängig davon ein kleiner Kühlmittelverluststörfall. Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kam das ENSI zum Schluss, dass die Ziele gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Das KKB verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion hat zudem gezeigt, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit sind.

Ferner löste das ENSI im KKB ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes gemäss Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

1.7 Personal und Organisation

1.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKB den Personalbestand auf 547 Personen erhöht (Ende 2011: 543), was unter anderem mit dem Personalbedarf für die laufenden Grossprojekte zusammenhängt. Das KKB hat im Jahr 2012 keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen.

Das Managementsystem des KKB entspricht der Norm DIN EN ISO 9001:2008 und wird in regelmässigen Audits vom Zertifizierungsinstitut geprüft. Das ENSI führte 2012 eine Inspektion zur Integration des Regelwerks in das Managementsystem durch. Die Prozesse, die sicherstellen, dass die verwendeten gesetzlichen und reglementarischen Grundlagen aktuell sind, erfüllen die Anforderungen.

Im Laufe des Jahres 2012 hat das ENSI mit dem KKB Fachgespräche zur Sicherheitskultur durchgeführt. Themen waren die Bedeutung und die Auswirkungen des Unfalls in Fukushima in Bezug auf die Sicherheitskultur der Betreiber der Schweizer Kernkraftwerke. Ziel dieser Art von Gesprächen ist explizit nicht die Bewertung der Sicherheitskultur der Betreiber, sondern die Förderung der Selbstreflexion der Betreiber über die eigene Sicherheitskultur. Im ersten Fachgespräch wurden die vom ENSI vorgegebenen Themen behandelt. Das ENSI wertete das Gespräch aus und informierte den Betreiber im Rahmen eines zweiten Gesprächs über die Ergebnisse.

1.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestand ein Reaktoroperateur-Anwärter des KKB die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der Reaktorschule des PSI. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Die Ausbildung vermittelt die erforderlichen theoretischen Kenntnisse in thermischer Kraftwerkstechnik, Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz.

Drei Reaktoroperateure und fünf Schichtchefs des KKB legten im Berichtsjahr ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator und besteht in einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI hat eine Inspektion zum Ausbildungsprogramm 2012 der Abteilung Betrieb durchgeführt. Gegenstand waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator, die allgemeine Wiederholungsschulung sowie deren Änderungen und Neuerungen. Das

Ausbildungsprogramm erfüllt die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B10.

1.8 Sicherheitsbewertung

1.8.1 Block 1: Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2012 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System rund 220 Inspektionsgegenstände, Ergebnisse von Zulassungsprüfungen, Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen und Sicherheitsindikatoren bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit (einschliesslich für beide Blöcke relevante Beurteilungen). Dabei kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

Ziele	Bewertungsgegenstand		Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation		
Ebene 1	V	V	A	N		
Ebene 2	N		N	N		
Ebene 3	N	V	A	A		
Ebene 4	N	V	N	N		
Ebene 5		V	N	N		
Integrität der Brennelemente			N			
Integrität des Primärkreises	N	N	A	N		
Integrität des Containments			N	N		
ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung			N	V	V	

Sicherheitsbewertung 2012 KKB 1:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Im Folgenden werden jene Zellenbewertungen begründet, die in die Kategorien A (Abweichung) und höher gehören. Die aufgeführten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 1.1 bis 1.7 ausführlicher behandelt. Die Mehrzahl der Sachverhalte ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- An einem Rohrbogen einer Speisewasserleitung wurde eine Wanddickenunterschreitung festgestellt, die nur befristet zulässig ist.
- Nach dem Absetzen eines Brennelements im Reaktordruckbehälter kippte dieses gegen die Kernumfassung.

**Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage:
Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala**

- Eine Störung in einem Regelkreis führte zu einem kurzzeitigen Ausfall der Kälteanlage zur Raumkühlung des Notstandgebäudes.

Ebene 3, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Eine wiederkehrende Funktionsprüfung in der Notstandleittechnik wurde bei der Planung falsch terminiert, wodurch es zur Überschreitung des von der Technischen Spezifikation vorgeschriebenen Prüfintervalls kam.

Integrität des Primärkreises, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- An der Einschweisnaht eines Reaktordeckel-Durchdringungsrohrs wurde eine fehlerhafte Stelle identifiziert, die repariert werden musste.
- An einer Reaktordeckeldichtung wurde eine Vertiefung festgestellt, welche die Dichtfunktion der äusseren Dichtung beeinträchtigte.
- An einer Schweisnaht im Bereich einer Ladepumpe führte ein fertigungsbedingter Riss zu einer Tropfleckage.

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele				
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität	N		N N
	Kühlung der Brennelemente	V		A N
	Einschluss radioaktiver Stoffe	N	V	A N
	Begrenzung der Strahlenexposition		V	N N
	schutzzielübergreifende Bedeutung	N	V	A A

*Sicherheitsbewertung 2012 KKB 1: Schutzziel-Perspektive
Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, aber mit zusätzlicher Darstellung radiologischer Auswirkungen*

1.8.2 Block 1: Gesamtbewertung

Auslegungs-Vorgaben

- Bei der Beurteilung der Auslegungs-Vorgaben hat das ENSI Erkenntnisse aus der letzten Periodischen Sicherheitsüberprüfung PSÜ sowie aus

dem EU-Stresstest herangezogen und dabei die Auslegung der Anlage bezüglich Redundanzgrad, Diversität, räumlicher Separation und Robustheit gegen auslösende Ereignisse bewertet. Da die Auslegungs-Vorgaben des KKB die Minimalanforderungen und den Stand ausländischer Anlagen desselben Typs übertreffen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als gut.

Betriebs-Vorgaben

- Da keine Bewertungen der Kategorien A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich Betriebs-Vorgaben als hoch.

Zustand und Verhalten der Anlage

- Das ENSI beurteilt die Wanddickenunterschreitung am Rohrbogen einer Speisewasserleitung, das Kippen eines Brennelements, die fehlerhafte Stelle an der Einschweisnaht eines Reaktordeckel-Durchdringungsrohrs, die fehlerhafte Stelle an der äusseren Reaktordeckeldichtung, den kurzzeitigen Ausfall der Kälteanlage zur Raumkühlung des Notstandgebäudes und die Tropfleckage im Bereich einer Ladepumpe als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Das ENSI beurteilt die Überschreitung des von der Technischen Spezifikation vorgeschriebenen Prüfintervalls der Notstandleittechnik als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

1.8.3 Block 2: Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2011 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System rund 230 Inspektionsgegenstände, Ergebnisse von Zulassungsprüfungen, Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen und Sicherheitsindikatoren bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit (einschliesslich für beide Blöcke relevante Beurteilungen). Dabei kam das ENSI für die

einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele				
Ebene 1	A	V	V	V
Ebene 2	N	N	A	N
Ebene 3	N	V	A	A
Ebene 4		V	N	N
Ebene 5		V	N	N
Integrität der Brennelemente			N	
Integrität des Primärkreises	N		N	N
Integrität des Containments			N	N
ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung		N	1	V

Sicherheitsbewertung 2012 KKB 2:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Im Folgenden werden jene Zellenbewertungen begründet, die in die Kategorien A (Abweichung) und höher gehören. Die aufgeführten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 1.1 bis 1.7 ausführlicher behandelt. Die Mehrzahl der Sachverhalte ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung.

Ebene 1, Auslegungsvorgaben:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Wegen einer falschen Angabe in einer Fertigungszeichnung eines Ersatzteillieferanten kam es zu einer Störung an einer Reaktorhauptpumpe und zu einer vorsorglichen manuell ausgelösten Reaktorschnellabschaltung.

Ebene 2, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Während der Beladung des Reaktors war kurze Zeit eine Redundanz der Containment-Aktivitätsmessung nicht verfügbar.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Bei einem periodischen Funktionstest startete der Notstand-Dieselmotor nicht.
- Kurzzeitig kam es zur Trennung der Anspeisung einer vom Wasserkraftwerk Beznau versorgten Notstromschiene vom 50-kV-Netz.

- Eine Störung führte zu einem kurzzeitigen Ausfall der Raumkühlung des Notstandgebäudes.
- An einer Schweißnaht im Bereich des Containment-Sprühsystems und der Sicherheitseinspeisepumpen kam es zu einer Leckage.
- Die Fehlauslösung eines Sicherungsautomaten der Notstand-Leittechnik führte zu einer Reaktorschnellabschaltung.
- Die unter Ebene 2 genannte Nichtverfügbarkeit einer Redundanz der Containment-Aktivitätsmessung war auch für die Ebene 3 von Bedeutung.

Ebene 3, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die beim Block 1 genannte Überschreitung des von der Technischen Spezifikation vorgeschriebenen Prüfintervalls der Notstandleittechnik betraf auch den Block 2.

Ebenen- oder barrierenübergreifend, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie 1 der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die unter Ebene 3 genannte Nichtverfügbarkeit des Notstand-Dieselmotors führte zu einer nennenswerten Risikoerhöhung (ICCDP zwischen 10^{-6} und 10^{-4}), die das ENSI gemäss den Kriterien in Anhang 6 der Richtlinie ENSI-B03 der Kategorie 1 der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zuordnet.

Ebenen oder barrierenübergreifend, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die aufgrund der unter Ebene 1 erwähnten Störung an einer Reaktorhauptpumpe vorgenommene Reaktorschnellabschaltung führte zu einer geringfügigen Risikoerhöhung (ICCDP zwischen 10^{-8} und 10^{-6}).
- Die unter Ebene 3 genannte durch die Fehlauslösung eines Sicherungsautomaten der Notstand-Leittechnik verursachte Reaktorschnellabschaltung führte zu einer geringfügigen Risikoerhöhung (ICCDP zwischen 10^{-8} und 10^{-6}).

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

Bewertungsgegenstand		Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele					
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität	N		A	N
	Kühlung der Brennelemente	A		A	N
	Einschluss radioaktiver Stoffe		N	A	V
	Begrenzung der Strahlenexposition		V	A	V
	Schutzzielübergreifende Bedeutung	N	V	1	A

Sicherheitsbewertung 2012 KKB 2: Schutzziel-Perspektive

Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, aber mit zusätzlicher Darstellung radiologischer Auswirkungen

1.8.4 Block 2: Gesamtbewertung

Auslegungs-Vorgaben

- Da die Auslegungs-Vorgaben des KKB für beide Blöcke weitgehend gleich sind, bewertet das ENSI auch die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als gut.

Betriebs-Vorgaben

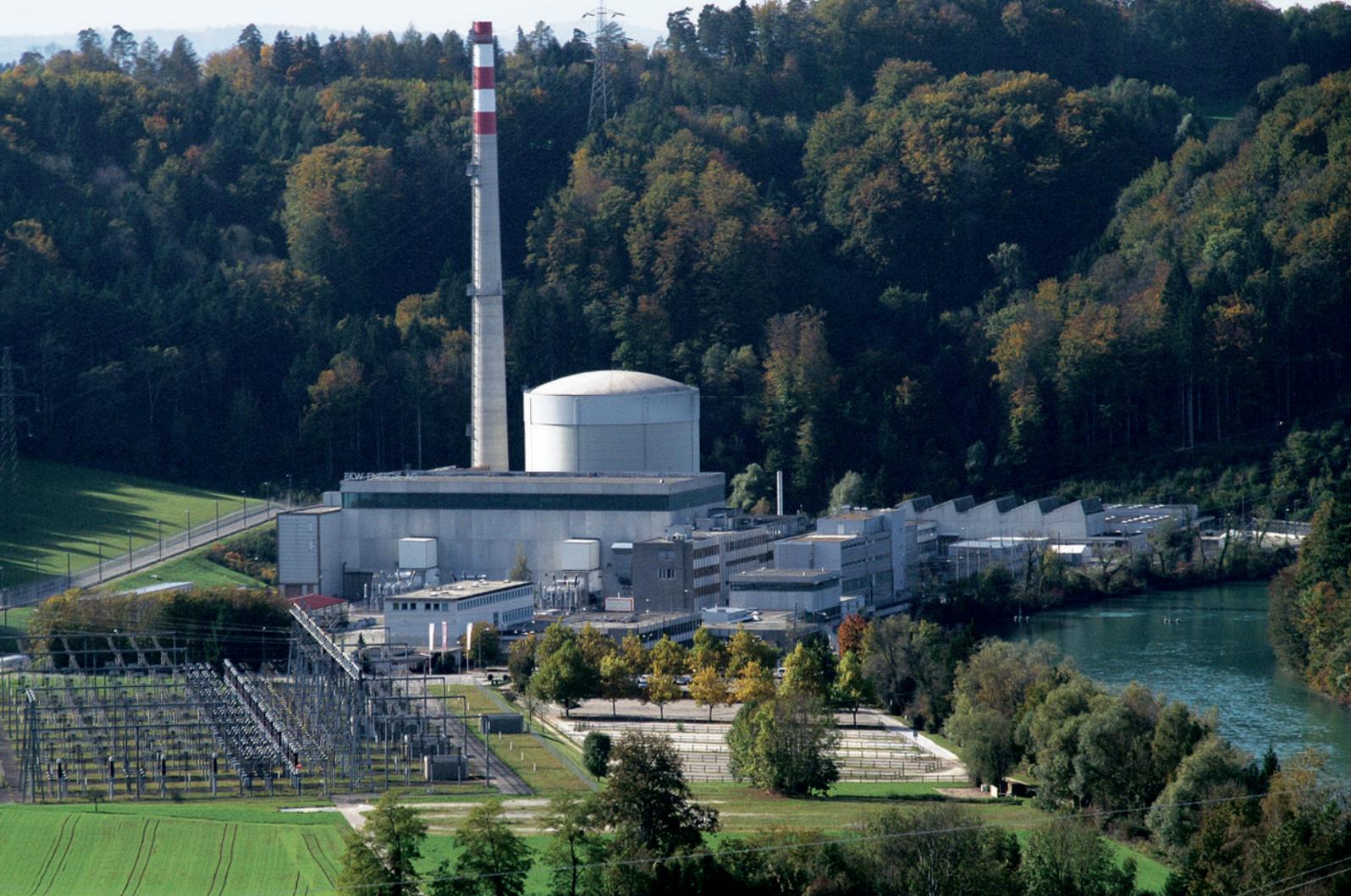
- Da keine Bewertungen der Kategorien A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich Betriebs-Vorgaben als hoch.

Zustand und Verhalten der Anlage

- Aufgrund der durch die Nichtverfügbarkeit des Notstand-Dieselmotors bedingten nennenswerten Risikoerhöhung beurteilt das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage – trotz eines sonst guten Betriebsgeschehens in diesem Bereich – nur als ausreichend.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Das ENSI beurteilt die Überschreitung des von der Technischen Spezifikation vorgeschriebenen Prüfintervalls der Notstandleittechnik als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut. Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.



*Blick auf das
Kernkraftwerk
Mühleberg
Foto: ENSI*

2. Kernkraftwerk Mühleberg

2.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2012 war im Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb geprägt. Neben dem geplanten Revisionsstillstand mit Brennelementwechsel war eine ungeplante Reaktorschnellabschaltung zu verzeichnen. Das ENSI stellt fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen im Betriebsjahr 2012 immer eingehalten wurden. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKM im Jahr 2012 hinsichtlich Auslegungsvorgaben als gut, hinsichtlich Betriebsvorgaben als hoch, hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut sowie hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als gut.

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) der BKW FMB Energie AG, welches seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1972 aufnahm, ist eine Siedewas-

serreaktor-Anlage mit 373 MW elektrischer Nettoleistung. Weitere Daten der Anlage sind in den Tabellen 1 und 2 des Anhangs zu finden. Figur 7b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage. Im Berichtsjahr waren im KKM sechs meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, welche das ENSI auf der internationalen Ereignisskala INES alle der Stufe 0 zuordnete.

Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 112 Inspektionen durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung. Während des Revisionsstillstands vom 5. August bis 3. September 2012 wurden neben dem Brennelementwechsel und den üblichen Revisionsarbeiten umfangreiche Wiederholungsprüfungen durchgeführt. Dabei wurden keine Befunde festgestellt, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen. Im Hinblick auf den Betrieb über 40 Jahre hinaus und aufgrund der

Erkenntnisse nach den Ereignissen in Fukushima setzte das KKM die Planung zahlreicher Verbesserungen und Anlagemodernisierungen sowie baulicher Erweiterungen und Nachrüstungen fort. Im Berichtsjahr sind keine Brennelementschäden aufgetreten.

Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurde eingehalten. Die radioaktiven Abgaben lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte.

Der Anfall neuer radioaktiver Rohabfälle war auf einem niedrigen Niveau.

Das KKM hat im Berichtsjahr keine grösseren Anpassungen seiner Organisation vorgenommen. Im Berichtsjahr legten ein Pickettingenieur, ein Schichtchef und sechs Reaktoroperatoren ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Fünf Reaktoroperator-Anwärter absolvierten die kerntechnische Grundlagenausbildung an der Reaktorschule des PSI erfolgreich.

2.2 Betriebsgeschehen

Das Kernkraftwerk Mühleberg erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 91,1 % und eine Zeitverfügbarkeit von 91,9 %. Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war hauptsächlich durch den Revisionsstillstand bedingt.

Die ausgekoppelte thermische Energie für die Heizung der Wohnsiedlung «Steinriesel» belief sich auf 1,6 GWh.

Simulator-
Kommandoraum
des KKM
Foto: KKM



Zur Durchführung von Wiederholungsprüfungen und Instandhaltungsarbeiten erfolgten geplante Leistungsabsenkungen. Weitere Leistungsabsenkungen standen im Zusammenhang mit einem meldepflichtigen Vorkommnis, der Reparatur des Kondensators einer der beiden Turbogruppen und der Einhaltung der Kantonalen Gebrauchswasserkonzession bei hoher Wassertemperatur der Aare im Juli 2012. Weiter kam es zu einer Reaktorschnellabschaltung.

Im Berichtsjahr waren sechs meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, welche das ENSI alle auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zuordnete. Für die systematische Sicherheitsbewertung wird auf Kap. 2.10 verwiesen, für die risikotechnische Beurteilung auf Kap. 10.

■ Am 8. Februar 2012 war im Rahmen einer Wiederholungsprüfung der Speisewasserpumpen geplant, bei früheren Wiederholungsprüfungen aufgetretene Antriebsstörungen gemeinsam mit dem Lieferanten zu analysieren. Am Vormittag kam es während der Datenaufnahme an der Speisewasserpumpe A ungeplant zu deren Abschaltung. Ursache der Abschaltung waren durch das zur Messung verwendete Oszilloskop eingekoppelte Signale. Die als Reservepumpe dienende Speisewasserpumpe C wurde automatisch gestartet, doch erreichte diese die geforderte Fördermenge nicht in der vorgegebenen Zeit. Dies führte auslegungsgemäss zu einem automatischen Zurückfahren der Reaktorwälzpumpen-Drehzahl und damit zu einer Absenkung der Reaktorleistung. Nachdem die Mess-einrichtungen entfernt worden waren, wurde die Reaktorleistung wieder auf 100 % erhöht. Aufgrund des Vorkommnisses nahm das KKM im Jahr 2012 verschiedene Anlagenänderungen vor. Einerseits sollen damit Speisewasserpumpen-Abschaltungen vermieden werden. Andererseits soll im Falle einer Abschaltung der Speisewasserpumpe A oder B die Speisewasserpumpe C rasch genug hochfahren.

■ Am Nachmittag des 8. Februar 2012 wurde die Wiederholungsprüfung fortgesetzt. Um nach dem Vorkommnis vom Vormittag eine Wiederholung einer ungewollten Pumpenabschaltung zu vermeiden, war vorgesehen, für weitere Messungen die betroffene Pumpe im Leerlauf zu betreiben und an deren Stelle die Speisewasserpumpe C in Betrieb zu nehmen. Aufgrund eines Missverständnisses brachte das im Bereich der Speisewasserpumpen tätige Personal am Nachmittag die Messgeräte an der Speisewasser-

pumpe B an. Zu diesem Zeitpunkt wurde aber die Speisewasserpumpe A im Leerlauf betrieben. Nun kam es beim Anbringen von Messgeräten zur Erfassung des Betriebsverhaltens der Speisewasserpumpe B durch eine ungewollte Beeinflussung der Anlage zu einer Abschaltung dieser Pumpe. Die als Reservepumpe dienende Speisewasserpumpe C war anstelle der Speisewasserpumpe A in Betrieb. Dadurch war nach der Abschaltung der Speisewasserpumpe B nur noch eine Pumpe in Betrieb, was zu einem Absinken des Füllstandes im Reaktor bis auf einen Wert führte, der automatisch eine Reaktorschnellabschaltung auslöst. Um Missverständnisse nach Planungsänderungen zu vermeiden, verlangt eine interne Arbeitsvorschrift des KKM nun zusätzliche Arbeitsvor- und Nachbesprechungen. Das ENSI forderte weitere organisatorische Massnahmen, um sicherzustellen, dass kurzfristige Änderungen von Fahrprogrammen schriftlich erfolgen und alle involvierten Personen Kenntnis davon haben.

- Am 13. März 2012 wurden Versandstücke mit insgesamt vier unbestrahlten Brennelementen vom KKM zwecks Reparatur zum Hersteller nach Spanien transportiert. Nach der Ankunft des Transportes setzte der Empfänger am 15. März 2012 das KKM in Kenntnis, dass die Bezeichnung nicht konform mit den Vorschriften für Gefahrguttransporte war. Es fehlte ein Gefahrenzettel für spaltbares Material nach ADR-Muster 7E, was vom KKM beim Versenden übersehen worden war. Da Transportaspekte separat bewertet werden, sind diese in der Sicherheitsbewertung der Anlage im Kap. 2.8 nicht enthalten.
- Am 22. Juni 2012 wurden infolge einer Störung in der Ortsdosisleistungsmessung an der Frischdampfleitung die Frischdampfentwässerungsventile automatisch geschlossen. Es kam zu einer einkanaligen Anregung des Reaktorschutzsystems. Ursache für die Störung in der Ortsdosisleistungsmessung war ein defekter Strom-Frequenz-Wandler. Das Anlageverhalten nach der Störung war auslegungsgemäss. Das KKM ersetzte präventiv in der Jahresrevision 2012 alle Strom-Frequenz-Wandler der Dosisleistungsmontore an der Frischdampfleitung.
- Aufgrund eines defekten Analogsenders fiel am 23. November 2012 die Übertragung des Messsignals für das Niveau im Scramablassbehälter in das Reaktorschutzsystem in einem von vier Kanälen aus. Der Analogsender hat die Aufgabe, Messsignale aus dem alternativen Reaktorab-

schalt- und Isolationssystem des SUSAN an das Reaktorschutzsystem zu senden. Im Fall einer echten Anforderung wäre die Reaktorschnellabschaltung infolge zu hohem Niveau im Ablassbehälter über redundante Kanäle ausgelöst worden. Der defekte Analogsender wurde ersetzt.

- Am 26. Dezember 2012 kam es zu einem kurzen Ausfall einer Edelgasmessstelle im Abluftkamin. Ursache war ein Ausfall der Stromversorgungseinheit. Das defekte Bauteil wurde ausgewechselt. Der Ausfall dauerte rund zwei Stunden. Die redundante Edelgasmessstelle stand immer zur Verfügung.

Eine Zusammenstellung von Vorkommnissen der vergangenen zehn Jahre ist im Anhang in Figur 2 dargestellt. Eine Übersicht über die meldepflichtigen Vorkommnisse im Berichtsjahr findet sich in Tabelle 4.

2.3 Anlagentechnik

2.3.1 Revisionsarbeiten

Die Revisionsarbeiten begannen am 5. August 2012 und dauerten bis zum 3. September 2012. Während dieser Zeit wurden geplante Tätigkeiten wie Brennelementwechsel und Brennelementinspektionen, Inspektionen elektrischer und mechanischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt.

Schwerpunkte bei den Wiederholungsprüfungen an mechanischen Komponenten waren visuelle

*Krananlage im Reaktorgebäude
Foto: KKM*



Prüfungen der Kerneinbauten im Reaktordruckbehälter (RDB), Ultraschall- und Wirbelstromprüfungen an einigen RDB-Stützen des Kernsprüh- und Speisewassersystems sowie der Kerninstrumentierungsdurchführung. Folgende Prüfungen sind hervorzuheben:

- Die visuelle Prüfung der RDB-Einbauten wurde erstmals nach einem neu qualifizierten Prüfverfahren mit verbesserten Kamerasystemen und neu qualifiziertem Personal durchgeführt. In dieser Revision wurden unter anderem ein Zuganker und ein Steuerstab eines neuen Typs sowie Anschweissungen an die RDB-Wand geprüft. An den Speisewasser-Verteilringen fand die regelmässige Nachprüfung bekannter Befunde statt. Die geprüften Einbauten befanden sich in einem guten Zustand. Alle Befunde wurden als zulässig bewertet.
- Es wurde eine RDB-Stützen-Anschlusschweißnaht des Kernsprühsystems mechanisiert gemäss einer neu qualifizierten Prüfvorschrift geprüft. Es ergaben sich keine bewertungspflichtigen Befunde. Zwei RDB-Stützen der Speisewasserleitung wurden im Bereich einer Schweißnaht mit Ultraschall und Wirbelstrom geprüft. Bei keiner dieser Prüfungen wurden unzulässige Anzeigen detektiert.
- Die Prüfung der Kerninstrumentierungsdurchführung wurde mit einem neuentwickelten Manipulator durchgeführt. Der Prüfbereich wurde dabei mechanisiert von innen mit Ultraschall und Wirbelstrom geprüft. Das Prüfverfahren war qualifiziert. Bei keiner dieser Prüfungen wurden unzulässige Anzeigen detektiert.

Aufgrund der Befunde am RDB des belgischen Kernkraftwerks Doel-3 führte das KKM eine ausserplanmässige mechanisierte Ultraschallprüfung des RDB-Grundmaterials durch. Diese Prüfung erfolgte nach Vorgaben des ENSI. Sie stützte sich auf die aktuellen internationalen Anforderungen für die Ultraschallprüfung bei der Abnahme von neuen RDB ab. Ziel der Prüfung war es, eventuelle Schmiedefehler, wie sie in Doel gefunden worden waren, zuverlässig zu erkennen. Als repräsentatives Prüfvolumen für die Sonderprüfung wurde ein Prüfbereich festgelegt, der sich in vertikaler Richtung über die gesamte Höhe des Reaktorbehälters erstreckte und in horizontaler Richtung einen rund 500 Millimeter breiten Streifen umfasste. In diesem Prüfbereich wurden repräsentative Grundwerkstoffbereiche aller Mantelringe erfasst. Die in Doel festgestellten Befunde sind über den ganzen Umfang des Reaktordruckbehälters verteilt. Mit dem im Kernkraftwerk Mühleberg festge-

legten Prüfbereich hätten Befunde, wie sie in Doel aufgetreten sind, identifiziert werden können. Die Prüfung ergab keine Hinweise auf derartige Befunde. Das geprüfte Grundmaterial befindet sich in einem guten Zustand.

Schwerpunkte des Wiederholungsprüfprogramms an elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen waren die komponenten- und verfahrenstechnischen Prüfungen der Leittechnik einer Redundanz des Notstandsystems SUSAN sowie beider Redundanzen des Reaktorschutzes. Bei den Eigenbedarfsanlagen wurden die automatischen Umschaltmöglichkeiten überprüft. Die erforderliche Kapazität der Batterien in einem Eigenbedarfsstrang sowie in einer SUSAN-Redundanz wurde durch Entladung und Wiederaufladung nachgewiesen. Zudem wurden Batterien ersetzt, die ihre Lebensdauer erreicht hatten. Das KKM überprüfte auch die Gleich- und Wechselrichter der 24- und 125-V-Anlagen der beiden sicheren Schienen sowie der Redundanzen des SUSAN. Die Prüfungen bestätigten den ordnungsgemässen Zustand dieser Ausrüstungen.

Mittelspannungs- und Niederspannungsschaltanlagen, Motoren, der Rotor eines Speisewasserpumpenmotors sowie ein Lastschalter wurden revidiert. Das ENSI erteilte am 3. September 2012 die Freigabe für den Leistungsbetrieb des Reaktorkerns für den 40. Betriebszyklus.

Alle Revisionsarbeiten wurden mit hoher Qualität und unter Beachtung der Strahlenschutzvorgaben geplant und durchgeführt. Die Prüfungen wurden vom ENSI beaufsichtigt. Es wurden keine Befunde festgestellt, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen. Die durchgeführten Prüfungen haben insgesamt den guten Zustand der mechanischen sowie der elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen bestätigt.

2.3.2 Anlageänderungen

Im Berichtsjahr wurden namentlich folgende Anlageänderungen durchgeführt:

- Die Halterungen der Frischdampf- und Speisewasserleitungen wurden gegen solche eines anderen Herstellers ausgetauscht. Der Ersatz begann im Revisionsstillstand 2011 und wurde 2012 erfolgreich abgeschlossen.
- An einem Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer wurden die im Bauprüfplan festgelegten Überprüfungen und Reparaturmassnahmen durchgeführt. Bei der Wandstärkemessung der drucktragenden Schale wurde an einer Stelle eine verminderte Wandstärke festgestellt. Eine Un-

terschreitung der festgelegten minimalen Wandstärke lag nicht vor. Mit einer Auftragsschweisung wurde die Stelle aufgefüllt.

- Die Kühlung der Speisewasserpumpen wurde neu so in die Hilfskühlwasser-Rücklaufleitung eingebunden, dass bei einer postulierten Undichtheit der Hilfskühlwasserleitung im Reaktorgebäude diese abgesperrt werden kann, ohne dabei das betriebliche Speisewassersystem zu beeinträchtigen.
- Bei zwei Frischdampfisolationsventilen wurde zur Hubanpassung der Sitz eingeschliffen. Dabei wurde jeweils ein Teil der Materialreserve der Sitzpanzerung abgetragen und so die Differenz zwischen Ventilhub und Hub des Servomotors verringert. Der Verschlusskörper an zwei Armaturen zur Isolation der Frischdampfleitung wurde überdreht und so der spezifizierte Sollzustand wieder hergestellt.
- Im Bereich der elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen erfolgte die Ausführung einiger Anlageänderungen. So wurden die an einem neuen Standort platzierten Frequenzumrichter beider Speisewasserpumpenantriebe erfolgreich in Betrieb gesetzt, wobei vorgängig auch eine Optimierung der Anfahrregelung vorgenommen wurde.
- Bei den Hauptnetzanbindungen erfolgte der Umschluss beider Blocktransformatoren auf die neue 220-kV-Unterstation Mühleberg Ost und die Erneuerung der Schutzeinrichtungen zur Gewährleistung der entsprechenden Schutzfunktionen. Hierbei berücksichtigt der redundante Aufbau des Schutzsystems den Einsatz diversitärer Schutzgeräte.
- Um im Rahmen des Accident Management (AM) eine elektrische Notanspeisung zur Versorgung ausgewählter Verbraucher durch ein festinstalliertes AM-Dieselaggregat zu ermöglichen, wurden die benötigten Anschlüsse installiert.
- Die Stickstoffflaschen-Palette wurde an einem neuen Standort und mit seismisch korrekter Halterungskonstruktion aufgestellt. Die Abschirmsteine zwischen Reaktorgrube und Brennelementbecken wurden aus Gründen der Erdbebensicherheit entfernt.

2.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im August 2012 wurde der 39. Betriebszyklus des KKM planmässig abgeschlossen, wobei die eingesetzten Brennelemente ein bestimmungsgemäs-

ses Betriebsverhalten zeigten. Dies folgte aus der laufenden Überwachung der Kühlmittelaktivität sowie aus Inspektionen an insgesamt 14 ausgewählten Brennelementen. Die Inspektionen bestätigten erneut, dass die Edelmetalleinspeisung in das Kühlmittel, siehe Kap. 2.4, keinen negativen Einfluss auf die Brennstab-Hüllrohre oder andere Strukturteile der Brennelemente hat. Im Rahmen eines Vorläuferprogramms wurden an vier Brennelementen weiterentwickelte Fremdkörperfilter eingesetzt und an weiteren vier Brennelementen Kästen aus Zircaloy-4-Material. Messungen sowie visuelle Prüfungen bestätigten deren auslegungsgemässes Verhalten. Die Kühlmittelanalysen zeigten einen auslegungsgemässen Zustand der Steuerstäbe. Die visuelle Inspektion eines Steuerstabs ergab keine Befunde.

Für den 40. Betriebszyklus setzte das KKM insgesamt 32 frische Brennelemente vom Typ GNF2 ein. Das ENSI überzeugte sich davon, dass nur freigegebene und den Qualitätsanforderungen entsprechende Brennelemente geladen und alle Sicherheitsmassnahmen während des Brennelementwechsels gemäss den Vorgaben eingehalten wurden. Der vom ENSI geprüfte Beladepfad des Reaktorkerns erfüllte alle Sicherheitsanforderungen. Im Berichtszeitraum ist der Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernausslegungsberechnungen überein.

2.3.4 Massnahmen nach Fukushima

Das KKM hat dem ENSI fristgerecht bis zum 30. März 2012 die in der Verfügung vom 1. April 2011 geforderten Nachweise zur Beherrschung eines 10 000-jährlichen Erdbebens sowie der Kombination von Erdbeben und Hochwasser eingereicht. Bereits vorgängig waren die Erdbebenfestigkeitsnachweise (Fragilities) für alle relevanten Bauwerke, Systeme und Komponenten fertiggestellt worden. Neben der Sicherheit des Kernreaktors, des Primärkreislaufs und des Containments war gemäss der ENSI-Verfügung vom 5. Mai 2011 auch die Auslegung der Brennelementlagerbecken, -gebäude und -kühlssysteme zu überprüfen und die Einhaltung der zulässigen Dosislimiten für diese Störfälle nachzuweisen. Zuvor hatte das KKM am 31. Januar 2012 den Erdbebenfestigkeitsnachweis für das Wasserkraftwerk Mühleberg eingereicht, den das ENSI der zuständigen Behörde (Bundesamt für Energie, Sektion Talsperre) zur Begutachtung



weiterleitete. Aufgrund der Prüfung der eingereichten Dokumentation kam das ENSI zum Schluss, dass die Kernkühlung und die Kühlung des Brennelementlagerbeckens unter Einwirkung eines 10 000-jährlichen Erdbebens und der Kombination von Erdbeben und erdbebenbedingtem Hochwasser einzelfehlersicher gewährleistet sind. Die Dosislimite von 100 mSv wird bei diesen Störfällen eingehalten. Das Kriterium gemäss Art. 3 der «Ausserbetriebnahmeverordnung» (SR 732.114.5) wird nicht erreicht. Aus der Stellungnahme des ENSI zum Erdbebennachweis des KKM resultierten dennoch Forderungen, da die Sicherheit gegen das Anheben und seitliche Versetzen der Brennelemente infolge vertikaler Erdbebenbeschleunigung nicht ausführlich genug untersucht worden war und da Fragen zur Dichtfunktion der Dampflatte zur Abtrennung des Brennelementbeckens von der Reaktorgrube offen geblieben waren. Ausserdem forderte das ENSI die Vervollständigung der Berechnungen der Erdbebensicherheit für Stauanlagen im Einflussbereich des KKM gemäss den Angaben in Prüfberichten des Bundesamts für Energie. Termingerech hat das KKM zu den Forderungen Dokumente nachgereicht, deren Überprüfung durch das ENSI bzw. Bundesamt für Energie für 2013 terminiert wurde.

Im Rahmen der Überprüfung des deterministischen Nachweises zur Beherrschung des 10 000-jährlichen Erdbebens hat das ENSI am 25. Mai 2012 eine Inspektion im KKM durchgeführt mit dem Ziel, die Strukturen, Systeme und Komponenten, die die Anlage in einen sicheren Zustand überführen und zur Sicherstellung der Brennelementlagerbecken-Kühlung benötigt werden, zu prüfen. Obwohl die seismische Robustheit des Containment-Rückpumpsystems für das 10 000-jährliche Erdbeben

vom KKM nachgewiesen wurde, ist dieses formell nicht durchgehend der höchsten Erdbebenklasse zugeordnet. Aufgrund nicht auszuschliessender Leckagen des Brennelementlagerbeckens in das Reaktorgebäude wird die Funktion des Containment-Rückpumpsystems benötigt, deshalb forderte das ENSI eine Nachqualifizierung für das Containment-Rückpumpsystem in seiner Gesamtheit oder geeignete Nachrüstmassnahmen.

Das KKM hat zur Erfüllung der Forderungen aus der ENSI-Verfügung vom 5. Mai 2011 einen Antrag auf Konzeptfreigabe fristgerecht am 30. Juni 2012 eingereicht. Dieser Antrag umfasst drei Nachrüstvorhaben, die zum Projekt DIWANAS zusammengeführt worden sind.

Im Rahmen dieses Projekts ist die Errichtung einer zur Aare diversitären letzten Wärmesenke geplant. Gemäss dem Konzeptfreigabeantrag wird hierfür das Notstandsystem SUSAN um eine Zuleitung aus einer Grundwasserfassung im Saanetal erweitert. Bei Nichtverfügbarkeit der Aare dient die neue Wasserfassung als Wärmesenke, um die Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktor und dem Brennelementbecken zu gewährleisten. Als zweites Teilvorhaben beantragte das KKM die Errichtung eines zusätzlichen, erdbeben- und überflutungssicheren Systems zur Kühlung des Brennelementlagerbeckens. Ebenfalls im Rahmen des Projekts DIWANAS verfolgt wird ein drittes Teilvorhaben, das die Nachrüstung eines zusätzlichen Nachwärmeabfuhrsystems betrifft. Dieses Vorhaben ist keine Reaktion auf den Unfall von Fukushima, sondern geht zurück auf eine im Rahmen der Grobprüfung der PSÜ-Dokumentation zum Langzeitbetrieb am 18. Februar 2011 gestellte Forderung des ENSI.

Das ENSI hat die eingereichten Antragsunterlagen einer Grobprüfung unterzogen. Aus Sicht des ENSI

ist das beantragte Konzept der Saane-Grundwasserfassung grundsätzlich geeignet, die Forderung nach einer alternativen, diversitären Kühlwasserversorgung zu erfüllen. Die zusätzliche Kühlwasserversorgung kann unabhängig von der bisherigen Flusswasserversorgung (Aare) betrieben werden und soll gegen ein 10 000-jährliches Erdbeben und eine 10 000-jährliche externe Überflutung geschützt werden. Das ENSI beurteilt das alternative Brennelementbecken-Kühlsystem als grundsätzlich geeignet, um die Brennelementlagerbecken-Kühlung erdbeben- und überflutungssicher zu gewährleisten. Mit der zweifach redundanten Ausführung der für die Funktion notwendigen aktiven Komponenten wird das Einzelfehlerkriterium erfüllt. Aus Sicht des ENSI wird mit dem zusätzlichen Nachwärmeabfuhrsystem die bisher bestehende nicht konsequente räumliche Trennung der Sicherheitssysteme auf der Ebene -11 m des Reaktorgebäudes deutlich verbessert. Aus der Grobprüfung resultierten einige Nachforderungen bezüglich zusätzlich einzureichender Dokumente. Diese Dokumente wurden vom KKM bis Mitte Dezember 2012 fristgerecht nachgereicht.

Das ENSI hat in der Stellungnahme zum Langzeitbetrieb des KKM verlangt, dass die Nachrüstungen im Rahmen des Projekts DIWANAS bis spätestens zum Ende der Jahresrevision 2017 umzusetzen sind, wobei hierfür bis zum 30. Juni 2013 ein verbindlicher Umsetzungsplan einzureichen ist.

Am 20. November 2012 führte das ENSI eine Schwerpunktinspektion zu den Prozessen und Vorgabedokumenten zur Auswertung externer Vorkommnisse durch. Die Inspektion zeigte, dass geeignete Vorgaben zur Auswertung der für das KKM relevanten externen Vorkommnisse existieren. Ebenso sind die Übergänge zu den für die Umsetzung abgeleiteter Massnahmen relevanten Prozessen festgelegt. Das ENSI stellte fest, dass die genaue Aufschlüsselung der zu konsultierenden Quellen sowie inhaltliche Vorgaben zur Umsetzung der Anforderungen der Richtlinie ENSI-B02 für die Berichterstattung ans ENSI erst im Entwurf vorhanden sind, und verlangte Korrekturmaßnahmen.

In einer am 11. Dezember 2012 durchgeführten Schwerpunktinspektion zum langandauernden Verlust der Stromversorgung überzeugte sich das ENSI von der Verfügbarkeit und der Eignung der zur Beherrschung des langandauernden Totalausfalls der Wechselstromversorgung vorgesehenen Einrichtungen für die Accident-Management-Massnahmen. Die vorgestellte Strategie zur Beherrschung des langandauernden Totalausfalls der

Wechselstromversorgung bewertete das ENSI als zielführend. In derselben Inspektion kontrollierte das ENSI die korrekte Ausführung der laut ENSI-Verfügung vom 5. Mai 2011 auf Ende 2012 verlangten externen elektrischen und hydraulischen Anschlüsse für AM-Massnahmen. Es konnte dabei die Erfüllung der Forderung aus der Verfügung festgestellt werden.

2.4 Strahlenschutz

Im Jahr 2012 betrug die akkumulierte Kollektivdosis für das KKM 859 Pers.-mSv. Die maximale Individualdosis lag mit 8 mSv unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Im Berichtszeitraum traten weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf. Dank den schadenfreien Brennelementen war die Ausgangslage für die Revisionsarbeiten radiologisch gesehen auch in diesem Jahr günstig.

Die Kollektivdosis aller Mitarbeiter im Revisionsstillstand 2012 lag bei 596 Pers.-mSv (EPD). Der vom KKM vor Beginn der Arbeiten geschätzte Wert lag bei 908,0 Pers.-mSv.

Die mittlere Dosisleistung an den beiden Umwälzschleifen ist mit 1,71 mSv/h im Vergleich zum Vorjahr (1,67 mSv/h) praktisch gleich geblieben. Der Höchststand im Jahr 1994 betrug 6,4 mSv/h. Der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz war im ganzen Betriebsjahr angemessen und ermöglichte es, die administrativen und technischen Schutz- und Überwachungsaufgaben korrekt auszuüben und sicherzustellen. Allerdings setzt das KKM dazu überwiegend Fremdpersonal ein, das erfahren und mit der Anlage vertraut ist. Die regelmäßig wiederkehrenden und arbeitsbedingten Kontaminationskontrollen der Oberflächen und der Luft bestätigten einen sauberen radiologischen Zustand der kontrollierten Zone des KKM.

Die Edelmetalleinspeisung wurde fortgesetzt. Bereits zum achten Mal wurde eine wasserlösliche Platinverbindung in das Reaktorwasser eingespeist. Gemeinsam mit der kontinuierlichen Zugabe von Wasserstoff sollen dadurch die Einbauten im Reaktordruckbehälter vor Spannungsrisskorrosion geschützt werden.

Die in der Berichtsperiode zum Thema Strahlenschutz durchgeführten Inspektionen bestätigten, dass im KKM ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser einschliesslich Tritium. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben Übereinstimmung mit den vom KKM gemeldeten Ergebnissen. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKM unter konservativen, das heisst ungünstigen Annahmen. Die berechneten Dosen betragen rund 0,0036 mSv für Erwachsene, 0,0037 mSv für Zehnjährige und 0,0043 mSv für Kleinkinder und liegen somit deutlich unter dem quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr gemäss Richtlinie ENSI-G15. Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes in der Umgebung des Werkes (MADUK) zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), welche an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals die Dosis messen, zeigten mit einem Jahreshöchstwert von 1,6 mSv einschliesslich natürlicher Untergrundstrahlung eine geringfügige Erhöhung gegenüber dem Vorjahr (1,4 mSv). Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen am Zaun des Kraftwerkareals wurden ebenfalls keine signifikanten Veränderungen festgestellt. Die in Artikel 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Immissionsgrenzwerte

für Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten. Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb der Anlage Mühleberg wird auf den Strahlenschutzbericht 2012 des ENSI verwiesen.

2.5 Radioaktive Abfälle

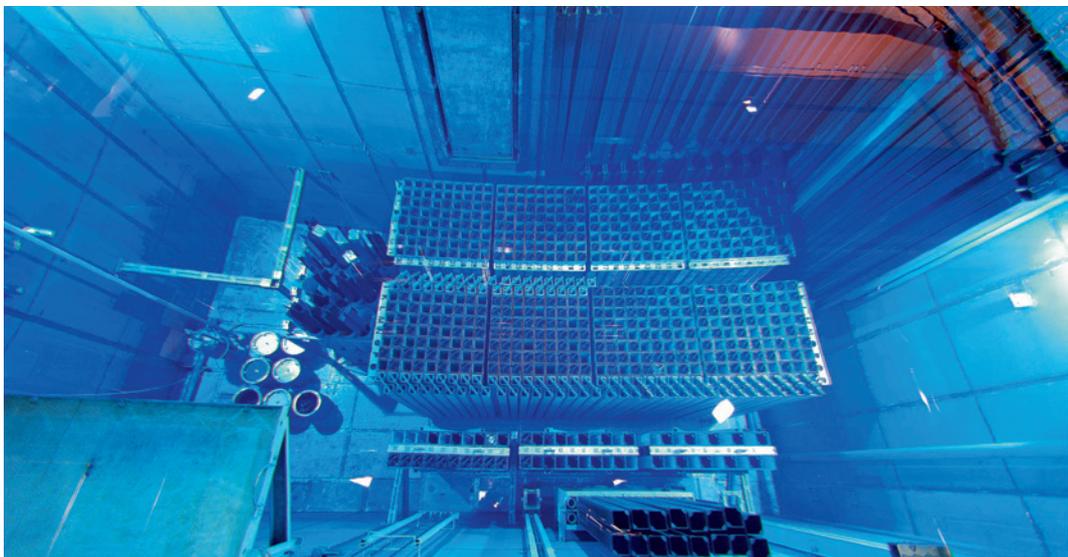
Radioaktive Rohabfälle fallen im KKM regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas- und Fortluftreinigung und als verbrauchte Brennelementkästen an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 39 m³ leicht höher als im Vorjahr. Der Anfall bewegt sich in der mehrjährigen Schwankungsbreite auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKM vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Ihr Bestand ist mit 48 m³ gering. Brennare Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert. Weitere Rohabfälle wurden ebenfalls an die ZWILAG zur Behandlung in der dortigen Konditionierungsanlage abgegeben.

Als Konditionierungsverfahren kommt im KKM die Zementierung von Harzen zum Einsatz. Für alle

Brennelementbecken

Foto: KKM



angewendeten Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und Richtlinie ENSI-B05 erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden die anfallenden Betriebsharze mit der Verfestigungsanlage des KKM in drei Kampagnen konditioniert.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in das werkseigene Zwischenlager eingelagert. Das KKM nutzt aber auch die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Die radioaktiven Abfälle des KKM sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Ein wichtiges Element bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKM wurden im Jahr 2012 insgesamt 60 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freigesessen.

2.6 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des KKM ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werksareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen zusammen mit einer entsprechenden Auslegung der Anlage hat das KKM die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Das ENSI hat im Oktober 2012 an der Werksnotfallübung NUKLID die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Für die Übung wurde ein Szenario unterstellt, bei dem beim Transport eines Brennelements über dem Reaktorkern dieses durch den Bruch des Transportbügels auf den Reaktorkern fiel. Beim Absturz wurden Brennstoffhüllrohre beschädigt, was zum Austritt von radioaktiven Stoffen führte.

Bei der Übung wurde Verbesserungsbedarf bei der Ausbildung von Mitarbeitern in Zusammenhang mit der Bestimmung des Quellterms und der Verwendung von Einsatzhilfen festgestellt.

Das ENSI kam zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Das KKM verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion hat zudem gezeigt, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit sind.

Das ENSI löste ferner im KKM ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfüg-

barkeit des Werks-Notfallstabes gemäss Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

2.7 Personal und Organisation

2.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKM den Personalbestand auf 345 Personen erhöht (2011: 328). Dies ist insbesondere mit dem erhöhten Personalbedarf im Rahmen von geplanten und laufenden Grossprojekten zu begründen.

In dem Zusammenhang informierte sich das ENSI in einer Fachsitzung zum Thema Personal und Organisation über die vom KKM getroffenen Massnahmen im Umgang mit Ungewissheiten bezüglich des Zeithorizonts des Weiterbetriebs der Anlage.

Das KKM hat zum 1. Januar 2012 personelle Mutationen im Bereich der Führung vorgenommen. Der bisherige Leiter Elektrotechnik wurde neuer Kraftwerksleiter. Der bisherige Leiter Betrieb wurde neu vollamtlicher Stellvertreter des Kraftwerksleiters. Die dadurch frei gewordene Abteilungsleiterstelle wurde mit einem Ressortleiter aus der entsprechenden Abteilung besetzt. Neu besetzt wurde ebenfalls die Stelle des Leiters Dienste.

Das Managementsystem des KKM entspricht der Norm DIN EN ISO 9001:2008 und wird in regelmässigen Audits vom Zertifizierungsinstitut geprüft. Das ENSI führte 2012 eine Inspektion zur Integration des Regelwerks in das Managementsystem durch. Die Prozesse, die sicherstellen, dass die verwendeten gesetzlichen und reglementarischen Grundlagen aktuell sind, erfüllen die Anforderungen.

Im Laufe des Jahres 2012 hat das ENSI mit dem KKM Fachgespräche zur Sicherheitskultur durchgeführt. Themen waren die Bedeutung und die Auswirkungen des Unfalls in Fukushima in Bezug auf die Sicherheitskultur der Betreiber der Schweizer Kernkraftwerke. Ziel dieser Art von Gesprächen ist explizit nicht die Bewertung der Sicherheitskultur der Betreiber, sondern die Förderung der Selbstreflexion der Betreiber über die eigene Sicherheitskultur. Im ersten Fachgespräch wurden die vom ENSI vorgegebenen Themen behandelt. Das ENSI wertete das Gespräch aus und informierte den Betreiber im Rahmen eines zweiten Gesprächs über die Ergebnisse.

2.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden fünf Reaktoroperateur-Anwärter des KKM die Abschlussprüfung der kern-

technischen Grundlagenausbildung an der Reaktorschule des PSI. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperator. Die Ausbildung vermittelt die erforderlichen theoretischen Kenntnisse in thermischer Kraftwerkstechnik, Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz.

Ein Pickettingenieur, ein Schichtchef und sechs Reaktoroperateure des KKM legten im Berichtsjahr ihre Zulassungsprüfung unter Aufsicht des ENSI mit Erfolg ab. Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator und besteht in einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI hat eine Inspektion zum Ausbildungsprogramm 2012 der Abteilung Betrieb durchgeführt. Gegenstand waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator, die allgemeine Wiederholungsschulung sowie deren Änderungen und Neuerungen. Das Ausbildungsprogramm erfüllt die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B10.

2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Ende 2010 reichte das KKM fristgerecht die in Richtlinie HSK-R-48 verlangte Dokumentation der Periodischen Sicherheitsüberprüfung, der PSÜ 2010, ein. Die Überprüfung der Unterlagen war Ende 2012 noch im Gang.

2.9 OSART

Vom 8. bis 25. Oktober 2012 hat ein Expertenteam der IAEA das KKM überprüft. Untersucht wurde die betriebliche Sicherheit in den Bereichen Führung, Organisation, Administration, Ausbildung, Betrieb, Instandhaltung, technische Unterstützung, Betriebserfahrung, Strahlenschutz, Chemie, Notfallplanung, Langzeitbetrieb und Unfallbeherrschung. Das Team hat dem KKM Empfehlungen und Hinweise abgegeben, wie die betriebliche Sicherheit weiter verbessert werden könnte sowie auch vorbildliche Praktiken des KKM identifiziert. Der

Schlussbericht der IAEA wurde Anfang 2013 veröffentlicht. Das ENSI analysiert die Resultate im Schlussbericht der IAEA und wird die Massnahmen des Betreibers verfolgen.

2.10 Sicherheitsbewertung

2.10.1 Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2012 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System rund 280 Inspektionsgegenstände, Ergebnisse von Zulassungsprüfungen, Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen und Sicherheitsindikatoren bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Dabei kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele				
Ebene 1	N	V	V	A
Ebene 2	N		A	N
Ebene 3	A	V	A	V
Ebene 4		V	N	N
Ebene 5		V	N	N
Integrität der Brennelemente		N	N	N
Integrität des Primärkreises		N	N	V
Integrität des Containments			N	
ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung		V	A	V

Sicherheitsbewertung 2012 KKM:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Im Folgenden werden jene Zellenbewertungen begründet, die in die Kategorien A (Abweichung) und höher gehören. Die aufgeführten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 1.1 bis 1.7 ausführlicher behandelt. Die Mehrzahl der Sachverhalte ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung.

Ebene 1, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Mängel bei der Vorbereitung und Durchführung von Messungen an Speisewasserpumpen führten zu einer Reaktorschnellabschaltung.

**Ebene 2, Zustand und Verhalten der Anlage:
Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala**

- Eine Störung in der Ortsdosisleistungs-Messung an der Frischdampfleitung führte zum automatischen Schliessen der Frischdampfentwässerungsventile.
- Das verzögerte Anlaufen der Reserve-Speisewasserpumpe führte zu einer automatischen Absenkung der Reaktorleistung.
- Eine Edelgasmessstelle im Abluftkamin war kurzzeitig nicht verfügbar.

Ebene 3, Auslegungsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Das Containment-Rückpumpensystem ist formell nicht durchgehend der höchsten Erdbebenklasse zugeordnet.

**Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage:
Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala**

- Aufgrund eines defekten Analogsenders fiel die Übertragung des Messsignals für das Niveau im Scramablassbehälter in das Reaktorschutzsystem in einem von vier Kanälen kurzzeitig aus.
- Die unter Ebene 2 genannte Störung in der Ortsdosisleistungs-Messung ist auch für die Ebene 3 von Bedeutung.

**Ebenen- oder barrierenübergreifend,
Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala**

- Die durch die unter Ebene 1 erwähnten menschlichen und organisatorischen Mängel verursachte Reaktorschnellabschaltung führte zu einer geringfügigen Risikoerhöhung (ICCDP zwischen 10^{-8} und 10^{-6}).

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

Ziele	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität	V	N	A	N
	Kühlung der Brennelemente	A	N	A	A
	Einschluss radioaktiver Stoffe		V	A	V
	Begrenzung der Strahlenexposition		V	V	V
	schutzzielübergreifende Bedeutung		V	A	V

Sicherheitsbewertung 2012 KKM: Schutzziel-Perspektive

Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, aber mit zusätzlicher Darstellung radiologischer Auswirkungen

2.10.2 Gesamtbewertung

Auslegungs-Vorgaben

- Bei der Beurteilung der Auslegungs-Vorgaben hat das ENSI Erkenntnisse aus der letzten Periodischen Sicherheitsüberprüfung PSÜ sowie aus dem EU-Stresstest herangezogen und dabei die Auslegung der Anlage bezüglich Redundanzgrad, Diversität, räumlicher Separation und Robustheit gegen auslösende Ereignisse bewertet. Da die Auslegungs-Vorgaben des KKM die Minimalanforderungen und den Stand ausländischer Anlagen desselben Typs übertreffen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKM hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als gut.

Betriebs-Vorgaben

- Da keine Bewertungen der Kategorien A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKM hinsichtlich Betriebs-Vorgaben als hoch.

Zustand und Verhalten der Anlage

- Das ENSI beurteilt die Störung in der Ortsdosisleistungs-Messung an der Frischdampfleitung, das verzögerte Anlaufen der Reserve-Speisewasserpumpe, die kurzzeitige Unverfügbarkeit einer Edelgasmessstelle im Abluftkamin und den kurzzeitigen Ausfall eines Messsignals für das Niveau im Scramablassbehälter als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKM hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Das ENSI beurteilt die Mängel bei der Vorbereitung und Durchführung von Messungen an Speisewasserpumpen als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKM hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.



*Blick auf das
Kernkraftwerk Gösgen
Foto: ENSI*

3. Kernkraftwerk Gösgen

3.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2012 war für das Kernkraftwerk Gösgen (KKG) durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb gekennzeichnet. Das ENSI stellt fest, dass das KKG die bewilligten Betriebsbedingungen zu jedem Zeitpunkt im Betriebsjahr 2012 eingehalten hat. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKG im Jahr 2012 hinsichtlich Auslegungsvorgaben als hoch, hinsichtlich Betriebsvorgaben als gut, hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut sowie hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als gut.

Das KKG ist eine 3-Loop-Druckwasserreaktor-Anlage und nahm seinen Betrieb im Jahre 1979 auf. Die elektrische Bruttoleistung beträgt 1035 MW, die elektrische Nettoleistung 985 MW. Weitere technische Daten sind im Anhang in den Tabellen 1

und 2 zusammengestellt. Figur 7a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage.

Am 30. Juni 2012 kam es zu einer ungeplanten Reaktorschnellabschaltung. Infolge einer defekten Schutzdiode waren verschiedene Signale des Reaktorschutzes angeregt worden, wodurch eine automatische Reaktorschnellabschaltung ausgelöst wurde.

Wie 2010 und 2011 wurde nach der Revisionsabstellung 2012 mit einer langsameren als der früher üblichen Leistungssteigerung angefahren. Die Messwerte der kontinuierlichen Überwachung der Kühlmittelaktivität zeigten wie in den beiden Vorjahren keine Anzeichen für Brennelementdefekte. Die langsamere Leistungssteigerung hat sich damit zum dritten Mal als Vorbeugemassnahme gegen Brennelementdefekte bewährt.

Im KKG kam es 2012 insgesamt zu neun meldepflichtigen Vorkommnissen. Alle Vorkommnisse

wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet.

Das ENSI führte im Rahmen seiner Aufsicht 94 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungen und kontrollierte deren Umsetzung.

Der Revisionsstillstand 2012 vom 2. bis 22. Juni 2012 war geprägt durch zahlreiche wiederkehrende Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten an Systemen und Komponenten der Maschinen-, Elektro- und Leittechnik, sowohl im nuklearen als auch im nicht-nuklearen Anlagenbereich. Es wurden 36 der insgesamt 177 Brennelemente durch neue Brennelemente ersetzt. Seit Beginn des 34. Betriebszyklus enthält der Reaktorkern keine MOX-Brennelemente mehr.

Nach Abschluss der Arbeiten und nachdem sich das ENSI vom ordnungsgemässen Zustand der Anlage zum Wiederanfahren überzeugt hatte, nahm das KKG am 22. Juni 2012 die Stromproduktion wieder auf.

Die Strahlendosen während der gesamten Revisionsdauer und im Verlauf des ganzen Betriebsjahres zeichneten sich durch eine tiefe Gesamtkollektivdosis aus. Die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung für strahlenexponierte Personen wurden jederzeit eingehalten. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen unter den behördlich festgelegten Grenzwerten. Die dadurch verursachten zusätzlichen Strahlendosen für die Bevölkerung sind verglichen mit der natürlichen Strahlenexposition unbedeutend.

Der Anfall radioaktiver Rohabfälle bewegte sich im mehrjährigen Mittel und ist auf einem niedrigen Niveau.

Vier Reaktoroperatoren und drei Schichtchefs bestanden die Zulassungsprüfung. Drei Reaktoroperator-Anwärter absolvierten die theoretische Grundausbildung an der Reaktorschule des Paul Scherrer Instituts erfolgreich.

3.2 Betriebsgeschehen

Die Arbeitsausnutzung des KKG betrug im Betriebsjahr 93,7% bei einer Zeitverfügbarkeit von 94,3%. Die Nichtverfügbarkeit der Anlagen war hauptsächlich durch den Revisionsstillstand bedingt. Im Berichtsjahr lieferte die Anlage 193,3 GWh Prozesswärme für die Versorgung der nahe gelegenen Kartonfabrik. Weitere Betriebsdaten sind in der Tabelle 2 des Anhangs zusammengestellt. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der

letzten zehn Jahre ist in Figur 1 zusammengefasst. Im Berichtsjahr 2012 waren neun meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Auf der internationalen Ereignisskala INES wurden alle Vorkommnisse der Stufe 0 zugeordnet. Für die systematische Sicherheitsbewertung wird auf Kap. 3.9 verwiesen, für die risikotechnische Beurteilung auf Kap. 10.

■ Am 1. März 2012 kam es zu einem störungsbedingten Ausfall eines 220-V-Gleichrichters, der im Normalbetrieb die ihm zugeordnete Gleichstromschiene versorgt. Bei der Abklärung vor Ort wurde festgestellt, dass eine defekte Spannungsreglerkarte zum Ausfall des Gleichrichters geführt hatte. Nach Austausch der defekten Reglerkarte durch eine geprüfte Ersatzkarte konnte der Gleichrichter wieder zugeschaltet werden. In der Zeit des Ausfalls wurde die Spannung durch Speicherbatterien aufrechterhalten. Die Schiene war somit zu keinem Zeitpunkt ohne Spannung.

■ Bei Umschaltarbeiten an der Lüftung im Reaktorgebäude wurde von der Schichtmannschaft am 4. April 2012 festgestellt, dass die Kontrolllampen am Leitstand des Hauptkommandoraums eine nicht korrekte Schalterstellung eines Umluftventilators anzeigten. Bei der Kontrolle des zugehörigen Einschubes im Schaltanlagegebäude wurden Beschädigungen festgestellt. Der im betroffenen Einschub befindliche Steuerautomat wurde daraufhin ausgeschaltet, wodurch die elektrische Versorgung für den Umluftventilator unterbrochen wurde. Ursache der Beschädigung war ein Lichtbogen im Bereich der elektrischen Einspeisung des Schalters. Zur Wiederherstellung des Sollzustands musste die entsprechende Notstromschiene kurzzeitig freigeschaltet werden. Nachdem die Arbeiten abgeschlossen waren, konnte die Stromschiene wieder zurückgeschaltet werden.

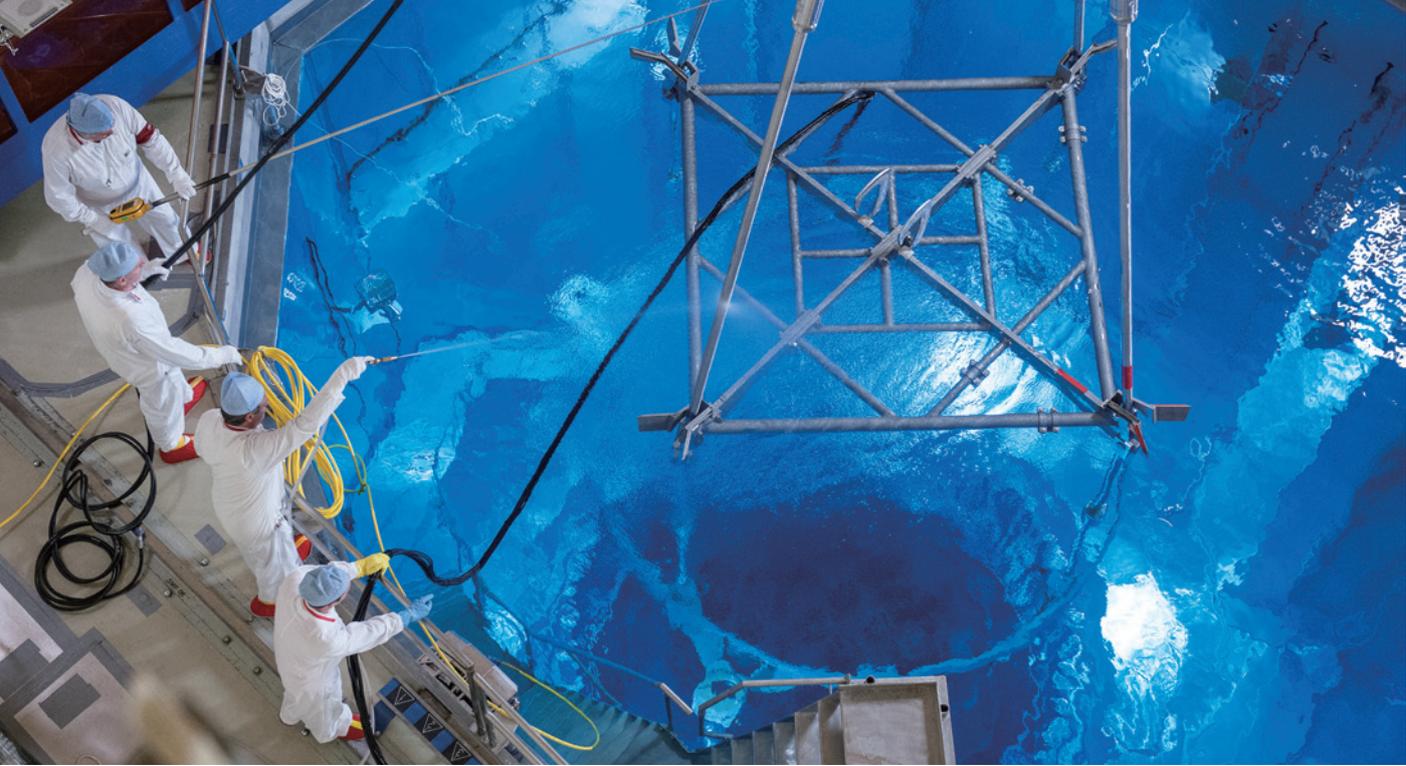
■ Durch einen Defekt auf einer Messkarte kam es am 11. Mai 2012 um 05:16 Uhr zu einer fehlerhaften Anregung des Signals für einen zu tiefen Primärkühlmitteldruck (<12 bar) vor einer der drei Hauptkühlmittelpumpen. In der Folge wurde diese Pumpe automatisch abgeschaltet, was auslegungsgemäss eine Reduktion der Reaktorleistung auf ca. 30% auslöste. Zweck der betroffenen Drucküberwachung ist es, im Sinne des Aggregateschutzes zu verhindern, dass beim Abfahren der Anlage eine Hauptkühlmittelpumpe fälschlicherweise bei einem Primärkühlmitteldruck von weniger als 12 bar betrieben wird. Nach dem Austausch der defekten gegen

eine geprüfte Grenzwertkarte wurde die Anlage ab 07:45 Uhr wieder auf Volllast gefahren, die um 11:30 Uhr erreicht wurde. Wie bei jeder Leistungsänderung kam es auch in diesem Fall zu einer zeitlichen und räumlichen Änderung der Verteilung des Xenon-135 im Reaktorkern, welche ihrerseits die Leistungsverteilung im Reaktorkern beeinflusst. Da sich die Verteilung des Xenon-135 aus physikalischen Gründen zeitlich verzögert zur Leistung ändert, befanden sich die Xenon- und die Leistungsverteilung zum Zeitpunkt des nachstehend beschriebenen Vorkommnisses noch nicht in einem stationären Zustand.

- Nach der vorübergehenden Leistungsreduktion vom Morgen des 11. Mai 2012 kam es um 14:32 Uhr, rund 3 Stunden nach Wiedererreichen der Volllast, zu einem automatischen Einwurf des zentralen Steuerstabs. Dadurch wurde die Reaktorleistung automatisch auf etwa 85 % der Nennleistung reduziert. Direkte Ursache war ein kurzzeitiger lokaler Anstieg der Neutronenflussdichte, wie er in Druckwasserreaktoren gegen Ende des Betriebszyklus gelegentlich auftritt. Er führte zur Überschreitung eines Grenzwertes für die axiale Asymmetrie der Leistungsverteilung im Reaktorkern. Begünstigt wurde diese Überschreitung durch die einige Stunden vorher erfolgte vorübergehende Leistungsreduktion. Die dadurch ausgelöste und zum Zeitpunkt des Stabeinwurfs immer noch im Gang befindliche zeitliche Änderung der Xenon- und Leistungsverteilung im Reaktorkern führte dazu, dass verglichen mit dem stationären Zustand ein grösserer Anteil der Leistung in der unteren Hälfte des Reaktorkerns erzeugt wurde. Zusammen mit dem kurzzeitigen lokalen Anstieg der Neutronenflussdichte in diesem Bereich führte dies zur Grenzwertüberschreitung und auslegungsgemäss zum Stabeinwurf. Die für das Hochfahren der Anlage verwendete Vorschrift berücksichtigte den Fall eines Anfahrens nach einer störungsbedingten Leistungsreduktion gegen Ende des Zyklus nicht ausreichend. Ab 15:32 Uhr wurde die Leistung langsamer als am Vormittag wieder erhöht, um 23:50 Uhr wurde Volllast erreicht. Mit dem langsameren Hochfahren wurde sichergestellt, dass ein erneuter kurzzeitiger lokaler Anstieg der Neutronenflussdichte nicht wieder zu einem Stabeinwurf geführt hätte.
- Am 7. Juni 2012 wurde an einer Rohrleitung des Systems zur Lagerung und Aufbereitung des Kühlmittels eine Borsäureablagerung von weni-

ger als einem Kubikzentimeter festgestellt. Nach dem Entfernen der Ablagerung wurde die Stelle während einiger Tage beobachtet, wobei sich weder ein Wasseraustritt noch eine erneute Ablagerung zeigten. Die anschliessende Oberflächenrissprüfung ergab eine Rissanzeige. Zusätzliche Untersuchungen an vergleichbaren Rohrleitungsabschnitten dieses Systems ergaben keine Befunde. Die Rissstelle wurde abgedichtet. Der betroffene Rohrleitungsabschnitt wird ersetzt und einer werkstofftechnischen Analyse unterzogen, um die genaue Ursache der Borsäureablagerung zu ermitteln.

- Bei der in der Revisionsabstellung durchgeführten Prüfung der Dampferzeuger-Heizrohre wurde am 19. Juni 2012 an zwei Heizrohren eine Wanddickenschwächung von mehr als 50 % festgestellt. Die betroffenen Heizrohre wurden mit Stopfen verschlossen.
- Am 22. Juni 2012 begann das Wiederanfahren nach dem Revisionsstillstand. Am 30. Juni 2012 kam es bei einer Reaktorleistung von 95 % zu einer ungeplanten Reaktorschnellabschaltung. Diese war auf eine Fehlauflösung von Reaktorschutzsignalen zurückzuführen. Ursache der Fehlauflösung war ein Kurzschluss einer Überspannungs-Schutzdiode in einem Reaktorschutzschrank, wodurch der betroffene Schrank spannungslos wurde. Dies führte zur Fehlauflösung mehrerer Reaktorschutzsignale, auf welche die Anlage auslegungsgemäss eine Kaltbespeisung eines Dampferzeugers durch das Notspeisesystem auslöste, eine Hauptkühlmittelpumpe abschaltete, die Reaktorleistung auf unter 40 % reduzierte, zwei Frischdampf-Isolationsventile schloss, den Reaktor und die Turbine abschaltete sowie ein Frischdampf-Sicherheitsventil kurz ansprechen liess. Die Schichtmannschaft ging gemäss Betriebshandbuch vor und stabilisierte die Anlage. Die Störungsursache konnte nach Aufbieten eines Spezialisten identifiziert werden. Anschliessend ersetzte das KKG die defekte Diode und prüfte, ob die Voraussetzungen für das Wiederanfahren erfüllt waren. Die Anlage wurde am 1. Juli 2012 wieder angefahren. Das ENSI hat vertiefte Abklärungen zum Vorkommnisablauf vorgenommen. Diese bestätigen, dass das Anlageverhalten der Auslegung entsprach. Das ENSI hat vom KKG verlangt zu prüfen, wie sich ein gleichartiger Ausfall der Versorgungsspannung in anderen Schaltschränken des Reaktorschutzsystems auswirken würde und ob Massnahmen erforderlich sind. Zudem



Arbeiten am
offenen Reaktor

Foto: KKG

hat das ENSI bis zum gleichen Termin eine Überprüfung der Zweckmässigkeit des Betriebshandbuchs und des Vorgehens des Schichtpersonals bei der Bewältigung des Störfalls gefordert.

- Im Rahmen der Vorbereitung zweier Funktionsprüfungen wurde am 4. Oktober 2012 die Dampferzeugerabschlammung ausser Betrieb genommen. Dabei wurde der Schliessvorgang einer Regelarmatur durch ein anstehendes Schutzkriterium vorzeitig abgebrochen und die Armatur blieb teilweise geöffnet. Bei einer anschliessenden Inspektion wurde am 5. Oktober 2012 ein Fremdkörper in der betroffenen Armatur gefunden, welcher das vollständige Schliessen verhindert hatte. Der Fremdkörper wurde geborgen und die Armatur wurde auf ihre Funktionsfähigkeit hin untersucht. Es ergaben sich keine Befunde, die auf eine weitere Einschränkung der Armatur hätten schliessen lassen. Eine Absperrung der Dampferzeugerabschlammung wäre durch andere Armaturen jederzeit möglich gewesen.
- Im Rahmen der Umlagerung von Abfallgebinden und Fässern mit schwachaktiven Abfällen im internen Abfalllager des KKG wurde am 15. Oktober 2012 an einem Fass ein Austritt von etwa einem Gramm zähflüssiger Abfallmatrix festgestellt. Beim Inhalt des Fasses handelt es sich um Waschwasserkonzentrate, die unter Beigabe von Bitumen verfüllt wurden. Die Abfallmatrix war durch eine Schweissnaht des Fasses ausgetreten und haftete vollständig an dessen Oberfläche. Es wird von einem Fehler bei der Herstel-

lung des Fasses ausgegangen. Eine radiologische Gefährdung durch das ausgetretene Bitumen bestand nicht, wie die gemessene Gamma-Aktivität (210 Bq Co-60 und 40 Bq Cs-137) zeigte. Die Schadstelle wurde abgedeckt und wird weiter beobachtet.

Eine Zusammenstellung der Vorkommnisse der vergangenen zehn Jahre ist im Anhang in Figur 2 dargestellt. Eine Übersicht über die meldepflichtigen Vorkommnisse im Berichtsjahr findet sich in Tabelle 4.

3.3 Anlagetechnik

3.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstandes in der Zeit vom 2. bis zum 22. Juni 2012 wurden Routinetätigkeiten wie der Brennelementwechsel, zahlreiche zerstörungsfreie Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten an mechanischen, elektro- und leittechnischen Einrichtungen und Systemen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt.

Einige der im Revisionsstillstand 2012 durchgeführten Arbeiten und Prüfungen sind nachfolgend aufgeführt.

- Rund 11 000 Dampferzeuger-Heizrohre wurden mittels moderner Wirbelstromtechnik geprüft. Dabei wurde an zwei Dampferzeugerheizrohren eine Wanddickenschwächung von mehr als 50 %

festgestellt, worauf die betroffenen Heizrohre permanent verschlossen wurden (vgl. Kap. 3.2).

- Das Kugelmesssystem, welches im Betrieb zur Bestimmung der Leistungsverteilung im Reaktorkern dient, wurde ersetzt.
- Die seismische Lagerung beider Notstandsdiesel wurde mittels neuer Feder-Dämpferelemente ertüchtigt. Mit diesen können die vom KKG angenommenen höheren Lasten unter Berücksichtigung der zugrundeliegenden Gefährdungsannahmen für ein Erdbeben sicher abgetragen werden.
- Im Notstandsgebäude wurde eine gesicherte Anzeige von Temperatur und Füllstand des Brennelementbeckens im Reaktorgebäude nachgerüstet (vgl. Kap. 3.3.4).
- Der Strang 2 des elektrischen Eigenbedarfs wurde einer Grossrevision unterzogen. Dabei wurden auch die 24-V-Gleichrichter ersetzt und der rotierende Umformer zur Versorgung der gesicherten 380-V-Schiene gegen statische Wechselrichter ausgetauscht.
- Mit den im externen Lager in Reitnau gelagerten Notstromdieselgeneratoren wurde ein erfolgreicher Einspeiseversuch durchgeführt, der vom ENSI inspiziert wurde. Dabei wurde nachgewiesen, dass eine 380-V-Notstandschiene mit angeschlossenen Verbrauchern versorgt werden kann.
- Das Kühlwassersystem des Generators wurde im Hinblick auf den für 2013 vorgesehenen Austausch des Generators erweitert.

Die im Bereich der Leittechnik auf der Sekundärseite neu installierte Frischdampfumleitregelung wurde nach dem Revisionsstillstand beim Wiederanfahren auf ihr Regelverhalten hin überprüft. Dazu führte das KKG bei einer Generatorleistung von rund 500 MW einen Lastabwurf auf Eigenbedarf durch. Dabei hat sich das ENSI mit einer Inspektion von der Funktionsfähigkeit der neuen Regelungstechnik überzeugt.

3.3.2 Anlageänderung

Am unabhängigen Beckenkühlkreislauf wurde eine zweite Feuerwehr-Einspeiseleitung installiert. Damit wurde eine weitere Einspeisemöglichkeit ins Brennelementbecken geschaffen.

3.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Geringe Aktivitätskonzentrationen im Primärkühlmittel liessen den Schluss zu, dass im 33. Betriebszy-

klus (2011/2012) keine Brennstab-Hüllrohrdefekte aufgetreten sind. Während des Revisionsstillstands wurden 36 frische WAU-Brennelemente in den Reaktorkern geladen, der damit im 34. Betriebszyklus insgesamt 177 WAU-Brennelemente enthält. Somit befinden sich keine MOX-Brennelemente mehr im Kern des KKG.

Bei umfangreichen Inspektionen von Standard-Brennelementen mit Uran-, MOX- und WAU-Brennstoff und verschiedenen Standzeiten wurden bezüglich des Brennelement- und Brennstabwachstums sowie der Brennelementverbiegung auslegungsgemässe Zustände festgestellt. Die untersuchten Hüllrohre von Teststäben aus sogenanntem Material M5 und die Standard-Hüllrohre wiesen nur geringe, den Erfahrungen entsprechende, Oxidschichtdicken auf. Die Bestrahlungsprogramme für Cr₂O₃-dotierten Brennstoff mit DX-D4- und M5-Hüllrohren sowie für Materialteststäbe werden weitergeführt. Die Steuerstabfinger aller 48 Steuerelemente wurden während des Revisionsstillstands mittels Wirbelstromprüfung auf Wanddickenschwächungen und Beschädigungen hin untersucht. Bei einem Steuerelement der Erstausrüstung, das 18 Standzeiten im Einsatz war, sind Rissanzeigen festgestellt worden. Es wurde vorsorglich gegen ein neues Steuerelement ausgetauscht und kommt nicht mehr zum Einsatz. Alle anderen Steuerelemente befanden sich in einem auslegungsgemässen Zustand. Im 34. Betriebszyklus befinden sich 46 Steuerelemente aus Nachlieferungen sowie 2 aus der Erstausrüstung im Reaktor.

Das ENSI hat sich davon überzeugt, dass das KKG neue Brennelemente und Steuerstäbe einsetzt, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren zBetrieb entsprechen, und dass der Betreiber nur bestrahlte Brennelemente und Steuerstäbe mit defektfreien Hüllrohren in den Reaktor einsetzt.

Im Berichtszeitraum 2012 wurde der Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnung überein. Die Betriebsgrenzen wurden eingehalten.

3.3.4 Massnahmen nach Fukushima

Das KKG hat dem ENSI fristgerecht am 30. März 2012 die in der Verfügung vom 1. April 2011 geforderten Nachweise zur Beherrschung eines 10 000-jährlichen Erdbebens sowie der Kombination von Erdbeben und Hochwasser eingereicht. Bereits vorgängig waren die Erdbebenfestigkeits-

nachweise (Fragilities) für alle relevanten Bauwerke, Systeme und Komponenten fertiggestellt worden. Neben der Sicherheit des Kernreaktors, des Primärkreislaufs und des Containments war gemäss der ENSI-Verfügung vom 5. Mai 2011 auch die Auslegung der Brennelementlagerbecken, -gebäude und -kühlsysteme zu überprüfen und die Einhaltung der zulässigen Dosislimiten für diese Störfälle nachzuweisen. Aufgrund der Prüfung der eingereichten Dokumentation kam das ENSI zum Schluss, dass die Kernkühlung und die Kühlung des Brennelementlagerbeckens unter Einwirkung eines 10 000-jährlichen Erdbebens und der Kombination von Erdbeben und erdbebenbedingtem Hochwasser einzelfehlersicher gewährleistet sind. Die Dosislimite von 100 mSv wird bei diesen Störfällen eingehalten. Das Kriterium gemäss Art. 3 der «Ausserbetriebnahmeverordnung» (SR 732.114.5) wird nicht erreicht. Aus der Stellungnahme des ENSI zum Erdbebenachweis des KKG resultieren dennoch Forderungen, die spezifische Punkte in den Nachweisen sowie den Qualitätssicherungsprozess für die Erstellung von Sicherheitsanalysen betreffen. Das ENSI forderte die Vervollständigung der Nachweise zum erdbebenbedingten Hochwasser (Berücksichtigung des Versagens der flussaufwärts gelegenen Stauanlagen) und der Analysen zur Kernkühlung (Szenarien mit dem Ansprechen oder dem Offenbleiben eines Druckhalter-Sicherheitsventils) und zur Kühlung der Brennelementlagerbecken (Szenario mit einer hypothetischen Leckage in der Reaktorgrube) sowie zum unzulässigen Anheben der Brennelemente infolge von vertikaler Erdbebenbeschleunigung. Ausserdem verlangte das ENSI die Aufnahme der in den Nachweisen kreditierten maximalen sekundärseitigen Konzentrationen radioaktiver Stoffe in die Technische Spezifikation. Die entsprechenden Änderungen der Technischen Spezifikation wurden inzwischen vom KKG beantragt und vom ENSI freigegeben. Termingerecht reichte das KKG zu den Forderungen Dokumente nach. Hinsichtlich Kernkühlung konnte das ENSI die nachgereichten Analysen akzeptieren, wonach ein Ansprechen des Druckhalter-Sicherheitsventils bei Verfügbarkeit beider Notstandsstränge sicher ausgeschlossen werden kann. Bei den anderen offenen Punkten hat das ENSI die Überprüfung für 2013 terminiert.

Am 12. Dezember 2012 führte das ENSI eine Schwerpunktinspektion zu den Prozessen und Vorgabedokumenten zur Auswertung externer Vorkommnisse durch. Die Inspektion zeigte, dass geeignete Vor-

gaben für die Auswertung der für das KKG relevanten externen Vorkommnisse existieren. Ebenso sind die Übergänge zu den für die Umsetzung abgeleiteter Massnahmen relevanten Prozessen festgelegt. Das ENSI stellte fest, dass inhaltliche Vorgaben zur Umsetzung der Anforderungen der Richtlinie ENSI-BO2 für die Berichterstattung ans ENSI erst im Entwurf vorhanden sind, und verlangte Korrekturmassnahmen.

In einer am 18. Dezember 2012 durchgeführten Schwerpunktinspektion zum langandauernden Verlust der Stromversorgung überzeugte sich das ENSI von der Verfügbarkeit und der Eignung der zur Beherrschung des langandauernden Totalausfalls der Wechselstromversorgung vorgesehenen Einrichtungen für die Accident-Management-Massnahmen. Die vorgestellte Strategie zur Beherrschung des langandauernden Totalausfalls der Wechselstromversorgung bewertete das ENSI als zielführend. Dennoch identifizierte das ENSI Verbesserungsbedarf bei den vorhandenen Mitteln für die manuelle Dampferzeuger-Bespeisung und forderte Korrekturmassnahmen. In der gleichen Inspektion kontrollierte das ENSI die korrekte Ausführung der laut ENSI-Verfügung vom 5. Mai 2011 auf Ende 2012 verlangten externen elektrischen und hydraulischen Anschlüsse für AM-Massnahmen. Es konnte dabei die Erfüllung der Forderung aus der Verfügung festgestellt werden.

3.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2012 betrug die Kollektivdosis im KKG 493 Pers.-mSv. Die höchste im KKG registrierte Individualdosis lag bei 6,5 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde unterschritten.

Bei den Arbeiten während des Revisionsstillstands wurden 426 Pers.-mSv akkumuliert, geplant waren 481 Pers.-mSv. Es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten. Es sind keine Inkorporationen aufgetreten.

Die Anlage zeigte sich in einem radiologisch sehr sauberen und zonenkonformen Zustand. Die Dosierung von Zink in den Primärkreis wirkt sich auf den Dosisleistungspegel und die akkumulierte Personendosis positiv aus. Im Durchschnitt lag die Dosisleistung an ausgewählten Primärkomponenten um 48% unter dem Wert, der zu Beginn der Zinkdosierung im Jahr 2005 ermittelt wurde. Im

Vergleich zum Vorjahrswert (44 %) wurde damit eine weitere Reduktion erreicht.

Die radiologische Situation aufgrund des immer noch erhöhten Trampurananteils im Kreislauf als Folge der Brennelementdefekte in vergangenen Jahren erforderte auch in der Revision 2012 ergänzende Schutzmassnahmen. Eine Zutrittsbegrenzung für das gesamte Containment musste nur direkt nach dem Ziehen des RDB-Deckels bis zum Abschluss der Reinigungsarbeiten angeordnet werden. Die Luftkontamination konnte innert einiger Stunden mit Hilfe der verbesserten Spülluftanlage unter den Richtwert gesenkt werden. Damit bestand keine Gefährdung des Personals und die Umwelt wurde nicht belastet.

Das ENSI hat sich bei mehreren Inspektionen davon überzeugt, dass im KKG ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird. Der Personalbestand im Strahlenschutz war immer ausreichend.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch für die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser ohne Tritium. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKG betragen rund 20% des Jahresgrenzwerts. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben eine gute Übereinstimmung mit den vom KKG gemeldeten Analyseergebnissen. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKG unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen liegen unter 0,001 mSv für Erwachsene, Zehnjährige und Kleinkinder und liegen damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss Richtlinie ENSI-G15. Die Dosisleistungsmesssonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werks zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Die EDIS-Dosimeter (Environmental Direct Ion Storage Dosimeter) registrierten keine signifikante Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKG wurden ebenfalls keine signifikanten Erhöhungen gegenüber der Untergrundstrahlung festgestellt. Die nach Artikel 102



Deckel eines
Brennelement-
transportbehälters
Foto: KKG

Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten. Für detaillierte Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb der Anlage Gösgen wird auf den Strahlenschutzbericht 2012 des ENSI verwiesen.

3.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKG regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 18 m³ geringer als im Vorjahr. Der Anfall bewegt sich innerhalb

der mehrjährigen Schwankungsbreite auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKG vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Ihr Bestand ist mit 39 m³ gering. Brenn- und schmelzbare Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren kommen im KKG die Bituminierung von Harzen und Konzentraten sowie die Zementierung von nicht brenn- oder schmelzbaren Abfällen zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und Richtlinie ENSI-B05 erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurde Borkonzentrat in Bitumen verfestigt.

Die Einbindung von Harzen und Konzentraten in Bitumen erhöht den organischen Anteil im zukünftigen geologischen Tiefenlager. Das ENSI begrüsst daher die Entwicklungsarbeiten und Versuche des KKG, um für den Abfallstrom, der für rund 90% der Bituminierung im KKG verantwortlich ist, eine Alternative zu implementieren. Ziel ist ein mineralisiertes Produkt ohne organische Anteile. Das ENSI stellt gleichwohl fest, dass gemäss heutigem Kenntnisstand selbst unter Beibehaltung der bisherigen Konditionierungstechnologie die zukünftigen Tiefenlager aus anderen Gründen um ein Vielfaches höhere Gasproduktionsraten beherrschen müssen, als sie aus den organischen Abfallbestandteilen im Betriebsabfall der Kernkraftwerke unter ungünstigsten Bedingungen entstehen können.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKG nutzt aber auch die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Die radioaktiven Abfälle des KKG sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Ein wichtiges Element bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im Berichtsjahr wurden 56 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen.

3.6 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des KKG ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werksareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen zusammen mit einer entsprechenden Auslegung der Anlage hat das KKG die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Das ENSI hat im November 2012 anlässlich der Werksnotfallübung VARIUS die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Für die Übung wurde ein Szenario unterstellt, bei dem ein sich vergrösserndes Primärleck zu Brennstoffschäden führte und dadurch zu einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen ins Containment. Infolge eines Fehlers an der Aussentüre der Containment-Notschleuse kam es zu einer nicht absperzbaren, unkontrollierten Freisetzung in den Ringraum und zur Abgabe von radioaktiven Stoffen an die Umgebung.

Das ENSI kam zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Das KKG verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit sind.

Die am Samstag, 30. Juni 2012, durch den KKG-PI angeforderte Unterstützung durch den Notfallstab und das darauf folgende Aufgebot des KKG-Notfallstabs wurden durch das ENSI als unangekündigte Alarmierungsnotfallübung gewertet, bei welcher die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes gemäss Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

3.7 Personal und Organisation

3.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKG den Personalbestand auf 503 Personen erhöht (Ende 2011: 489), was unter anderem mit dem Personalbedarf für laufende und geplante Projekte zusammenhängt. Am 1. Oktober 2012 übernahm der neue Kraftwerksleiter seine Funktion.

Das Managementsystem des KKG entspricht der Norm DIN EN ISO 9001:2008 und wird in regelmässigen Audits vom Zertifizierungsinstitut geprüft. Das ENSI führte 2012 eine Inspektion zur Integration des Regelwerks in das Managementsystem durch. Die Prozesse, die sicherstellen, dass die verwendeten gesetzlichen und reglementari-

schen Grundlagen aktuell sind, erfüllen die Anforderungen.

Im Laufe des Jahres 2012 hat das ENSI mit dem KKG Fachgespräche zur Sicherheitskultur durchgeführt. Themen waren die Bedeutung und die Auswirkungen des Unfalls in Fukushima in Bezug auf die Sicherheitskultur der Betreiber der Schweizer Kernkraftwerke. Ziel dieser Art von Gesprächen ist explizit nicht die Bewertung der Sicherheitskultur der Betreiber, sondern die Förderung der Selbstreflexion der Betreiber über die eigene Sicherheitskultur. Im ersten Fachgespräch wurden die vom ENSI vorgegebenen Themen behandelt. Das ENSI wertete das Gespräch aus und informierte den Betreiber im Rahmen eines zweiten Gesprächs über die Ergebnisse.

3.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden drei Reaktoroperateur-Anwärter des KKG die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der Reaktorschule des PSI. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Die Ausbildung vermittelt die erforderlichen theoretischen Kenntnisse in thermischer Kraftwerkstechnik, Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz.

Vier Reaktoroperateure und drei Schichtchefs des KKG legten ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator und besteht in einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI hat eine Inspektion zum Ausbildungsprogramm 2012 der Abteilung Betrieb durchgeführt. Gegenstand der Inspektion waren insbesondere die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator und die allgemeine Wiederholungsschulung. Das Ausbildungsprogramm erfüllt die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B10.

3.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Das ENSI hat im Berichtsjahr eine Stellungnahme zur Ende 2008 eingereichten Periodischen Sicher-

heitsüberprüfung (PSÜ) des KKG veröffentlicht. Das ENSI ist zum Ergebnis gekommen, dass das KKG sicherheitstechnisch auf einem hohen Niveau ist und die Anlage mit der notwendigen Sorgfalt und hinterfragenden Haltung betrieben wird.

Längerfristig ist ein Ersatz der leittechnischen Einrichtungen notwendig. Bei den Wiederholungsprüfungen mechanischer Ausrüstungen sind vereinzelt Ergänzungen im Messumfang notwendig. Grössere Defizite ortete das ENSI im Bereich der Dokumentation. Die PSÜ-Dokumentation erfüllte nur teilweise die Vorgaben des Regelwerkes, weshalb auch aussergewöhnlich umfangreiche Nachforderungen zur Dokumentation seitens des ENSI notwendig waren, wie bereits im Aufsichtsbericht 2009 dargelegt wurde. Die überwiegende Zahl der vom ENSI gestellten Forderungen fällt in diesen Bereich. Insbesondere im Bereich der deterministischen und probabilistischen Störfallanalysen erfüllt auch die nachgereichte Dokumentation nicht die Vorgaben und die verwendeten Analysemethoden entsprechen nur teilweise den im Regelwerk festgeschriebenen Vorgaben und internationalen Empfehlungen.

Das KKG wurde innerhalb des Beurteilungszeitraums zuverlässig betrieben und es bestand jederzeit eine ausreichende Vorsorge gegen eine unzulässige Freisetzung radioaktiver Stoffe sowie eine unzulässige Bestrahlung von Personen im Normalbetrieb und bei Störfällen. Dies sind gute Voraussetzungen für einen sicheren Betrieb des KKG in der Zukunft. Dazu sind weiterhin Anstrengungen zur kontinuierlichen Verbesserung der Sicherheit notwendig, wozu auch eine kritisch hinterfragende Haltung gegenüber Sicherheitsanalysen gehört.

3.9 Sicherheitsbewertung

3.9.1 Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2012 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System rund 220 Inspektionsgegenstände, Ergebnisse von Zulassungsprüfungen, Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen und Sicherheitsindikatoren bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Dabei kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungsmatrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele				
Ebene 1		A	A	V
Ebene 2		V	A	V
Ebene 3		V	A	V
Ebene 4		V	N	N
Ebene 5		V	N	N
Barrieren				
Integrität der Brennelemente			N	
Integrität des Primärkreises			A	
Integrität des Containments			N	
ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung	N	V	A	V

Sicherheitsbewertung 2012 KKG:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Im Folgenden werden jene Zellenbewertungen begründet, die in die Kategorien A (Abweichung) und höher gehören. Die aufgeführten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 1.1 bis 1.7 ausführlicher behandelt. Die Mehrzahl der Sachverhalte ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung.

Ebene 1, Betriebsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- In einer für das Hochfahren der Anlage verwendeten internen Vorschrift war das Anfahren nach einer störungsbedingten Leistungsreduktion gegen Ende des Zyklus nicht ausreichend berücksichtigt.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- An einer Rohrleitung des Systems zur Lagerung und Aufbereitung des Kühlmittels trat ein Riss auf, der zu einer Borsäureablagerung von weniger als einem Kubikzentimeter führte.

Ebene 2, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Ein Defekt auf einer Messkarte führte zur Abschaltung einer Hauptkühlmittelpumpe und einer Leistungsreduktion.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Störungsbedingt fiel ein 220-V-Gleichrichter kurzzeitig aus.
- Ein Kurzschluss einer Überspannungs-Schutzdiode in einem Reaktorschutzschrank führte zu einer Reaktorschnellabschaltung.

Integrität des Primärkreises, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- An zwei Dampferzeuger-Heizrohren wurde eine Wanddickenschwächung von mehr als 50% festgestellt.

Ebenen- oder barrierenübergreifend, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Zur Reparatur eines Schalters der Reaktorgebäude-lüftung musste eine Notstromschiene kurzzeitig freigeschaltet werden.
- Eine Armatur der Dampferzeugerabschlammung war durch einen Fremdkörper blockiert.

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele				
Kontrolle der Reaktivität			N	V
Kühlung der Brennelemente		A	A	N
Einschluss radioaktiver Stoffe		V	A	N
Begrenzung der Strahlenexposition		V	N	N
schutzzielübergreifende Bedeutung	N	V	A	V

Sicherheitsbewertung 2012 KKG: Schutzziel-Perspektive
Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, aber mit zusätzlicher Darstellung radiologischer Auswirkungen

Nur aus der Schutzziel-Perspektive sichtbar ist der unter 3.2 beschriebene, am 15. Oktober 2012 an einem Fass festgestellte Austritt von etwa einem Gramm zähflüssiger Abfallmatrix. Dieser betrifft das Schutzziel Einschluss radioaktiver Stoffe. Weil in der Darstellung aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge nur die auf den Reaktor bezogenen Barrieren dargestellt werden, wird dieser Befund in dieser Perspektive nicht sichtbar. Das ENSI bewertet den genannten Befund an einem Fass als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit.

3.9.2 Gesamtbewertung

Auslegungsvorgaben

- Bei der Beurteilung der Auslegungsvorgaben hat das ENSI Erkenntnisse aus der letzten Periodischen Sicherheitsüberprüfung PSÜ sowie aus dem EU-Stresstest herangezogen und dabei die Auslegung

der Anlage bezüglich Redundanzgrad, Diversität, räumlicher Separation und Robustheit gegen auslösende Ereignisse bewertet. Da die Auslegungsvorgaben des KKG die Minimalanforderungen und den Stand ausländischer Anlagen desselben Typs übertreffen und die nach dem Unfall von Fukushima vorgenommenen Überprüfungen die grosse Robustheit der Auslegung zeigten, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als hoch.

Betriebs-Vorgaben

- Das ENSI beurteilt die ungenügende Berücksichtigung des Falls einer störungsbedingten Leistungsreduktion gegen Ende des Zyklus in der für das Hochfahren der Anlage verwendeten Vorschrift als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten der Anlage

- Das ENSI beurteilt den Riss an einer Rohrleitung des Systems zur Lagerung und Aufbereitung des Kühlmittels, den Defekt auf einer Messkarte, der zur Abschaltung Hauptkühlmittelpumpe und einer Leistungsreduktion führte, den störungsbedingten Ausfall eines 220-V-Gleichrichters, den Kurzschluss einer Überspannungs-

Schutzdiode in einem Reaktorschutzschrank, der zu einer Reaktorschnellabschaltung führte, die kurzzeitige Freischaltung einer Notstromschiene zur Reparatur des Schalters eines Umluftventilators, den Fremdkörper in einer Abschlämmarmatur sowie die Wanddickenschwächung an zwei Dampferzeuger-Heizrohren als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Aus Vorkommnissen, Inspektionen und Sicherheitsindikatoren liegen keine Bewertungen der Kategorien A und höher vor. Zusätzlich hat das ENSI den vom KKG eingereichten deterministischen Nachweis des KKG zur Beherrschung des 10 000-jährlichen Erdbebens in die Bewertung einbezogen. Wie bereits im Juli 2012 kommuniziert, identifizierte das ENSI dabei Lücken im Bereich der Sicherheitsanalysen. Das KKG hat darauf entsprechende Verbesserungen umgesetzt. Die Sicherheit des KKG hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation wird als gut bewertet.

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.



Blick auf das
Kernkraftwerk
Leibstadt
Foto: ENSI

4. Kernkraftwerk Leibstadt

4.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2012 war im Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb geprägt. Das ENSI stellt fest, dass das KKL die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten hat. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKL im Jahr 2012 hinsichtlich Auslegungsvorgaben als hoch, hinsichtlich Betriebs-Vorgaben als gut, hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut sowie hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als hoch. Das KKL ist eine Siedewasserreaktor-Anlage. Es nahm seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1984 auf. Die Ertüchtigung der Anlage während der vergangenen Jahre führte zu einer Wirkungsgradverbesserung und ermöglichte damit eine Erhöhung der elektrischen Leistung, welche nun, nach dem Austausch des Generators im Revisionsstillstand

2012, auch realisiert werden konnte. Das KKL hat die elektrische Nettonennleistung von bisher 1190 MW auf neu 1220 MW festgelegt. Dieser Wert gilt ab 1. Januar 2013. Weitere Daten sind in den Tabellen 1 und 2 des Anhangs zu finden. Die Figur 7b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage. Nach 7 Zyklen ohne Brennelementschäden kam es während des im vergangenen Jahr beendeten 28. Zyklus sowie während des im vergangenen Jahr neu begonnenen 29. Zyklus zu je einem solchen Schaden.

Im Revisionsstillstand wurden mehrere Anlageänderungen zur weiteren Verbesserung der Anlage umgesetzt. Zu den Schwerpunkten der diesjährigen Arbeiten gehörten die Erneuerung der Einbauten im Kühlturm, der Austausch des Generators, der Ersatz der Neutronenflussinstrumentierung im Quell- und Mittelbereich durch eine Weitbereichs-Neutronenflussinstrumentierung, die Reinigung von

42 Steuerstabhuhungsrohren, die Druckprobe des Reaktordruckbehälters, der Beginn verschiedener Bauvorhaben auf dem Gelände, die Sanierung eines Krans im Maschinenhaus sowie zahlreiche vorbereitende Aufgaben für kommende Projekte. Zudem wurden umfangreiche Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten an Komponenten und Systemen durchgeführt.

Das Kernkraftwerk Leibstadt war vom 6. August bis zum 30. Oktober 2012 zum Revisionsstillstand 2012 abgestellt. Dies sind 85 Tage; geplant waren 49 Tage. Die Wiederinbetriebnahme der Anlage verzögerte sich auf Grund von Reparaturarbeiten an einem Speisewasserstutzen um rund fünf Wochen. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurde stets eingehalten.

Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen deutlich unter den behördlich festgelegten Grenzwerten. Die dadurch verursachten zusätzlichen Strahlendosen für die Bevölkerung sind verglichen mit der natürlichen Strahlenexposition unbedeutend. Der Anfall radioaktiver Rohabfälle bewegte sich im mehrjährigen Mittel und ist auf einem niedrigen Niveau.

Das ENSI führte in allen Fachgebieten 112 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Vier Reaktoroperateure bestanden ihre Zulassungsprüfung. Fünf Reaktoroperateur-Anwärter absolvierten die theoretische Grundausbildung an der Reaktorschule des Paul Scherrer Instituts erfolgreich.

4.2 Betriebsgeschehen

Das KKL verzeichnete in seinem 28. Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 75,6% und eine Zeitverfügbarkeit von 76,8%. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind im Anhang in Figur 1 dargestellt.

Im Rahmen der Systemdienstleistung «Netzregelung Tertiär Minus» zur Stabilisierung des europäischen Höchstspannungsnetzes wurde die elektrische Leistung der Anlage mehrmals vorübergehend um bis zu 100 MW reduziert.

Am 6. Juni 2012 und am 21. Dezember 2012 kam es infolge von Brennelementschäden zu einem Anstieg der Edelgasaktivitat im Abgasstrom. Zwecks Lokalisierung der defekten Brennelemente wurde die Last am 7. Juni 2012 und am 22. Dezember 2012 kurzzeitig auf 80% reduziert.

In der Berichtsperiode wurden insgesamt vier Lastreduktionen für Steuerstabmusteranpassungen und teilweise für Tests der Frischdampfisolationsventile vorgenommen.

Während der Sommermonate musste die Reaktorleistung infolge der hohen Umgebungstemperaturen an einigen Tagen um wenige Prozente reduziert werden.

Das Kernkraftwerk Leibstadt war vom 6. August bis zum 30. Oktober 2012 zum Revisionsstillstand 2012 abgestellt. Die Wiederinbetriebnahme der Anlage verzögerte sich wegen Reparaturarbeiten an einem Speisewasserstutzen am Reaktordruckbehälter um rund fünf Wochen. Der verlängerte Stillstand wurde genutzt, um zusätzliche Prüfungen am RDB vorzunehmen.

Das ENSI hat am 28. Oktober 2012 das Wiederanfahren der Anlage mit einer Auflage freigegeben. Die Auflage verlangte den erfolgreichen Abschluss der noch ausstehenden Tests, insbesondere der Generatortests. Für die Testläufe mit dem neuen Generator wurde die thermische Leistung der Anlage schrittweise erhöhet. Nach Abschluss der Inbetriebsetzungsphase des neuen Generators konnte am 30. Oktober 2012 die Anlage mit dem Netz synchronisiert werden. Am 1. November 2012 wurde Volllast erreicht.

Das Anfahren nach dem Revisionsstillstand mit der neuen Weitbereichs-Neutronenflussinstrumentierung wurde während mehrerer Trainings geübt, letztmals Mitte Oktober 2012. Für das Anfahren sind nun weniger Schalthandlungen notwendig. Die neue Instrumentierung hat auslegungsgemäss funktioniert.

Zur Verbesserung des Wirkungsgrads der Anlage hat das KKL im Jahr 2010 mehrere Anlagenänderungen vorgenommen. Der ursprünglich für 2011 geplante Austausch des Generators gegen einen mit höherer Leistung konnte damals nicht vorgenommen werden, da bei Testläufen beim Hersteller Mangels festgestellt worden waren. Bei tiefen Ausstemperaturen wäre eine höherer elektrische Leistung möglich gewesen, als der bisherige Generator liefern konnte. Bei Erreichen der maximal zulässigen Generatorleistung wurde die thermische Reaktorleistung jeweils reduziert. Diese Fahrweise wurde bis zum Austausch des Generators im Revisionsstillstand 2012 beibehalten. Die elektrische Brutto-Nennleistung der Anlage liegt mit dem neuen Generator bei 1275 MW (offizieller Wert ab 1. Januar 2013).

Im Berichtsjahr waren fünf meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Alle wurden der Stufe 0

der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt. Für die systematische Sicherheitsbewertung wird auf Kap. 4.9 verwiesen, für die risikotechnische Beurteilung auf Kap. 10.

- Bei einer Überprüfung des Vorgabedokuments für den im laufenden 28. Zyklus eingesetzten Reaktorkern wurde am 29. März 2012 ein Fehler entdeckt. In der Analyse des Versagens der Druckregelung war ein falscher Wert eingesetzt worden. Dadurch wurde in der Störfallanalyse mit einer Reaktorschnellabschaltung zu einem früheren Zeitpunkt im Störfallablauf gerechnet. Als Folge davon wurde ein zu grosser Abstand zur Siedeübergangsleistung errechnet. Betroffen war ein bestimmter Teillastzustand der Anlage. Der Fehler hatte keine Bedeutung für den Volllastbetrieb der Anlage, da in diesem Fall die Reaktorschnellabschaltung beim Versagen der Druckregelung durch den Anstieg der Neutronenflussdichte und nicht über den zu hohen Druck ausgelöst würde. Die Limiten der Technischen Spezifikation wurden zu jedem Zeitpunkt eingehalten, da der Reaktor mit einer ausreichenden Sicherheitsmarge betrieben wurde. Die Sofortmassnahme zur Herabsetzung der mit dem Kernüberwachungssystem überwachten thermischen Limite und ihrer Alarmauslösung war geeignet, die Einhaltung des tatsächlichen Grenzwerts zu gewährleisten. Die Feststellung des Fehlers geht zurück auf die vertiefte Überprüfung der Analyseeingangsparameter und Randbedingungen bei der Störfallanalyse, die das ENSI als Folgemassnahme eines ähnlichen Vorkommnisses 2011 gefordert hatte.
- Am 6. Juni 2012 zeigten die Abgas-Onlineüberwachung und zwei Laboranalysen des Abgasstromes einen Anstieg der Edelgase. In der Abgasanlage war eine leichte Erhöhung der Abgasaktivität vor und nach der Abklingstrecke erkennbar. Das Isotopenverhältnis Xe-133 zu Xe-135 wies eindeutig auf einen Brennelementscha den hin. Am 7. Juni 2012 konnte mit einer geplanten Lastreduktion auf 80% und gezielten Steuerstabbewegungen die Steuerstabzelle mit dem schadhaf ten Brennelement identifiziert werden. Die im Revisionsstillstand 2012 durchgeführten weiteren Abklärungen sind in Kap. 4.3.3. beschrieben.
- Während des Revisionsstillstandes fanden im Brennelementlager Bestimmungen von Ablagerungen (Crud) an Brennstäben statt. Dafür mussten Teilbündel aus dem Brennelementkasten gezogen werden. Beim Einfahren eines solchen Teilbündels in die Crud-Probenahmeeinrichtung

wurde am 11. August 2012 der erste Abstandhalter durch eine Störkante leicht verbogen. Nach der Crud-Bestimmung wurde das Teilbündel wieder in den Brennelementkasten eingesetzt. Das betroffene Brennelement konnte nicht wie vorgesehen für den neuen Betriebszyklus im Reaktor verwendet werden. Ein Ersatzbrennelement wurde bestimmt und entsprechende Anpassungen an der Kerna uslegung vorgenommen. Das ENSI hat die Änderungen geprüft. Die Änderungen haben keine sicherheitstechnische Relevanz.

- Während dem Revisionsstillstand 2012 wurde im Rahmen des dritten Zehnjahres-Prüfprogramms ein Teil der Anschlussnähte von Reaktordruckbehälterstützen einer Ultraschallprüfung unterzogen. Dabei wurde an einem Speisewasserstützen an einer Schweissnaht ein tiefer, aber nicht wanddurchdringender Riss festgestellt. Entsprechend war die Schweissnaht dicht geblieben. Am 28. August 2012 wurde der Befund bewertet. Der Fehler war gemäss den Kriterien des ASME-Codes nicht zulässig und musste repariert werden. Die Schweissnaht wurde mittels einer sogenannten Auftragsschweissung repariert. Die abschliessenden zerstörungsfreien Prüfungen am reparierten Stützen sowie die Druckprobe des Reaktorkühlsystems verliefen erfolgreich. Eine Überprüfung aller anderen Mischnähte an den RDB-Stützen mit Inconel-Schweissungen ergab keine weiteren Anzeigen, die auf Risse hindeuten. Gemäss der vorläufigen Experteneinschätzung ist der Fehler auf Spannungsrissskorrosion zurückzuführen. Diese wurde dadurch begünstigt, dass die betroffene Stelle während des Baus des Kernkraftwerks Leibstadt repariert worden war. Bei der Bewertung der sicherheitstechnischen Bedeutung des Risses ist zu betrachten, welches die Folgen gewesen wären, wenn der Riss durch die ganze Wandstärke hindurchgewachsen wäre. In diesem Fall wäre es wahrscheinlich zu einer kleinen Leckage gekommen, die mit Betriebssystemen hätte kompensiert werden können und die zum betrieblichen Abfahren der Anlage geführt hätte. In seiner Analyse hat das KKL aber konservativ auch den Fall betrachtet, dass der Riss zu einem kleinen Kühlmittelverluststörfall geführt hätte. Bei diesem Szenario wäre es auslegungsgemäss zu einer Reaktorschnellabschaltung und zum Anlaufen von Notkühlsystemen gekommen.
- Am 21. Dezember 2012 zeigten die Abgas-Onlineüberwachung und zwei Laboranalysen

des Abgasstromes einen Anstieg der Edelgase, der eindeutig auf einen Brennelementscha- den hindeutete. Wie beim Brennelementscha- den im vorhergegangenen Zyklus wurde das defekte Brennelement durch eine Leistungsreduktion und gezielte Steuerstabbewegungen vorläufig identifiziert. Um eine Vergrösserung des Scha- dens zu vermeiden, wurden zwei benachbarte Steuerstäbe voll eingefahren und so die Leistung des Brennelements reduziert. Das ENSI hält die getroffene Massnahme für geeignet, um die Be- lastung des Brennelements zu reduzieren, und wird sich über die weitere Entwicklung regelmä- ssig informieren.

Eine Zusammenstellung von Vorkommnissen der vergangenen zehn Jahre ist im Anhang in Figur 2 dargestellt. Eine Übersicht über die meldepflich- tigen Vorkommnisse im Berichtsjahr findet sich in Tabelle 4.

Legionellen

Im Hauptkühlwassersystem des KKL wurden im Herbst 2010 Bakterien der Art *Legionella pneumo- phila* festgestellt. Die Messungen des Wassers der Kühlturm- tase zeigten Werte bis zu 100 000 KbE/l (Kolonie bildende Einheiten pro Liter Wasser). Le- gionellen sind die Verursacher der unter Umständen tödlichen Legionärskrankheit. In regelmässigen Ab- ständen wurden die Mitarbeitenden des KKL über den Zustand des Hauptkühlwassers und über die notwendigen Schutzmassnahmen informiert.

Im Juni 2011 hatte das ENSI gestützt auf die Stel- lungnahmen der fachlich zuständigen Behörden einem einmaligen Einsatz von Bioziden gegen Legionellen zugestimmt. Dieser wurde eng über- wacht und ohne Folgen für Menschen und die Um- welt durchgeführt. Die Massnahmen wirkten aber nur kurzfristig.

Im Oktober 2011 hatte das KKL einen Antrag zur Freigabe des regelmässigen Einsatzes von Natrium- hypochlorit gestellt. Es reagierte damit auf einen erneuten Anstieg von Legionellen-Keimen im Hauptkühlwasser.

Mit Schreiben vom 30. Januar 2012 hat das ENSI gestützt auf die Beurteilungen der zuständigen Fachbehörden die Freigabe zum Einsatz von Na- triumhypochlorit erteilt, welches in gelöster Form auch als Javelwasser bekannt ist. Involviert waren das Bundesamt für Gesundheit BAG, das Bundes- amt für Umwelt BAFU, die Kantone Aargau, Basel- Stadt und Basel-Landschaft sowie das Landratsamt Waldshut. Der Einsatz wurde auf sechs Monate befristet und mit Auflagen verbunden. Unter an-

derem mussten die Einleitbedingungen nach der Gewässerschutzverordnung und der Bewilligung des Bundesrates zur Entnahme und Einleitung von Kühlwasser eingehalten werden. Das KKL musste zudem die Ursachenermittlung für den Befall des Hauptkühlkreislaufs mit Legionellen weiterführen. Die Abklärungen ergaben, dass mit grosser Wahr- scheinlichkeit ein Legionelleneintrag mit dem Zu- satzwasser aus dem Rhein die Ursache ist, eine luftgetragene Übertragung aber nicht ausge- schlossen werden kann. Das KKL war im Weiteren verantwortlich für eine adäquate Information der Rhein-Untertage, insbesondere der Wasserwerke, über die Biozideinsätze.

Im Zeitraum vom 2. Mai bis 1. November 2012 wurden insgesamt elf Stossdosierungen zu 260 kg Natriumhypochlorit durchgeführt. Alle Dosierun- gen verliefen planmässig, die Bedingungen für die Einleitungen in den Rhein wurden eingehalten. Die seither vorgenommenen Legionellenkontrollen im Hauptkühlwasser zeigten Werte, welche zuerst tiefer, später aber wieder höher lagen als der vom BAG festgelegte Eingriffswert von 10 000 KbE/l. Die Probenahme erfolgte wöchentlich.

Im September 2012 reichte das KKL ein Gesuch um Verlängerung der Freigabe ein. Die zeitlich limitierte Behandlung des Hauptkühlwassers mit Natrium- hypochlorit lieferte nur eine beschränkte Anzahl von Messergebnissen. Die Wirksamkeit des Verfahrens konnte noch nicht eindeutig beurteilt werden. Zu- sätzlich fehlten Messergebnisse aus der kalten Jahres- zeit. Solche wären von grosser Bedeutung, denn in den Monaten Januar und Februar 2012 wurden die höchsten Legionellenzahlen des Jahres gemessen.

Mit Schreiben vom 20. Dezember 2012 stimmte das ENSI, gestützt auf die Stellungnahmen des Bundesamtes für Gesundheit BAG, des Bundes- amtes für Umwelt BAFU und des Kantons Aargau einer befristeten Verlängerung zu. Da beim Einsatz von Natriumhypochlorit unter den vorherrschen- den Randbedingungen nur rund 10% der einge- setzten Biozidmenge wirksam sind, hielt das BAFU eine Befristung des Biozideinsatzes für angezeigt. In Zukunft soll eine effizientere und umweltfreund- lichere Methode angewandt werden.

4.3 Anlagetechnik

4.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstands vom 6. August bis 30. Oktober 2012 wurden geplante Instandhaltungs-

massnahmen wie Inspektionen an mechanischen und elektrischen Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen sowie wiederkehrende Funktionsprüfungen und Begehungen an Komponenten und Systemen durchgeführt. Die Wiederinbetriebnahme der Anlage verzögerte sich auf Grund von Reparaturarbeiten an einem Speisewasserstutzen um rund fünf Wochen.

An den mechanischen Anlageteilen wurden eine Reihe von Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten durchgeführt. Nachfolgend werden davon einige der sicherheitstechnisch wichtigen erläutert:

- Am Reaktordruckbehälter fanden mechanisierte Ultraschallprüfungen an Stutzeninnenkanten, Stutzeneinschweissnähten, Stutzenanschlussnähten und Rohranschlussnähten statt. Dabei wurde ein tiefer, aber nicht wanddurchdringender Riss in einer Schweissnaht des N5-Speisewasserstutzens bei 150° gefunden, der instandgesetzt werden musste. Der Befund war gemäss Richtlinie ENSI-B03 als Vorkommnis meldepflichtig (siehe Kap. 4.2).
- Bei jeder Revisionsabstellung werden ausgewählte Einbauten des RDB einer visuellen Prüfung unterzogen. Mit Unterwasser-Kamerasystemen werden Schweissnähte und Einbauten auf Defekte untersucht. In diesem Jahr wurde erstmals nach einem neu qualifizierten Prüfverfahren mit verbesserten Kamerasystemen insbesondere der Kernmantel inspiziert. An der Aussenseite einer Schweissnaht im oberen Bereich des Kernmantels wurde zwei Stellen mit ersten Anzeichen von Spannungsrisskorrosion gefunden. Diese sind auf Basis der vom ENSI anerkannten Bewertungsgrundlage für den Weiterbetrieb zulässig. Das Prüfprogramm für den Kernmantel und für weitere Kerneinbauten wurde daraufhin erweitert. Das ENSI forderte die Einreichung eines detaillierten Wiederholungsprüfprogramms für die RDB-Einbauten.
- An beiden Umwälzpumpen des Reaktorwasser-Umwälzsystems fand neben anderen Untersuchungen auch eine weitere Überprüfung der 2004 ausgeführten Reparatur am hydrostatischen Lager statt. Aufgrund der Inspektionsergebnisse aus dem Revisionsstillstand 2011 wurde im Jahr 2012 eine umfangreiche Reparatur an beiden Pumpen durchgeführt. Die Pumpenläufer wurden bis zur ursprünglichen Wandstärke aufgeschweisst, überdreht und neu gewuchtet.
- Im Revisionsstillstand 2012 wurde an acht austenitischen Rundnähten der Umwälzschleifen eine mechanisierte Ultraschallprüfung durchgeführt.



Revisionsarbeiten
Foto: KKL

An einer Naht wurden zwei Anzeigen neu als bewertungspflichtig eingestuft. Alle bei dieser Prüfung gefundenen Anzeigen wurden für die kommende Betriebsperiode als zulässig eingestuft. Es gab keine Hinweise auf betriebsbedingte Veränderungen gegenüber früheren Prüfungen. Ein Austausch des gesamten Umwälzsystems ist in Vorbereitung.

- Die alle zehn Jahre durchzuführende Druckprüfung des Reaktorkühlsystems wurde nach Abschluss der Reparatur des Speisewasserstutzens (siehe oben) durchgeführt, vom SVTI überwacht und vom ENSI inspiziert. Es wurde gemäss der Richtlinie ENSI-B06 neu mit dem Auslegungsdruck geprüft. Es ergaben sich keine Befunde. Mit diesem integralen Drucktest wurde der gute Zustand der Komponenten des Primärkreisystems bestätigt.
- Im KKL sind insgesamt 32 Druckluftbehälter im Bereich der Primäranlage zur zeitlich begrenzten autarken Versorgung von pneumatischen Armaturen antrieben der Frischdampf-, Sicherheits- und Abblaseventile sowie der Frischdampf-Isolationsventile installiert. Diese Behälter weisen seit der Herstellung Mängel an den Schweissnähten auf, welche wiederkehrend auf Veränderungen geprüft werden. Das KKL ersetzt die mangelhaften Behälter schrittweise. Im Jahr 2012 wurden drei Behälter ersetzt.



Kommandoraum
des KKL

Foto: KKL

Im Revisionsstillstand 2012 wurden an den leittechnischen und starkstromtechnischen Anlagen Instandhaltungsarbeiten inklusive Funktionsprüfungen durchgeführt. Die wichtigsten Arbeiten sind im Folgenden zusammengefasst:

- Nebst den routinemässigen Kontroll- und Prüfarbeiten bei den Hochspannungs- und Mittelspannungs-Transformatoren wurde ein Eigenbedarfstransformator komplett revidiert.
- Ein Pol des Blocktransformators wurde aus betrieblichen Gründen gegen den Ersatzpol ausgetauscht.
- Das Erregungssystem des Generators, der Generatorschalter und die inneren Erdungstrenner der Generatorableitung wurden revidiert und geprüft.
- Bei den Mittelspannungsanlagen wurden nebst den planmässig ausgeführten Schalterrevisionen und Prüfungen einige Schaltfelder für den Einbau eines neuen SF6-Schaltertyps modifiziert. Im Hinblick auf den geplanten Austausch des Reaktorwälzsystems wurden die Schaltanlagen erweitert.
- Im Bereich der Gleichstromanlagen und der unterbrechungsfreien Versorgung (USV) wurden einzelne Batteriegruppen alterungsbedingt mit neuen Batterietypen ausgerüstet. Zudem wurden als Teiletappe in einer Division zwei Anlagen durch USV-Systeme in moderner, modularer Technologie ersetzt.
- Zahlreiche Relais des Reaktorschutzsystems wie auch Scram-Pilotventilspulen der hydraulischen

Steuereinheiten der Steuerstabantriebe wurden vorsorglich ersetzt.

4.3.2 Anlageänderungen

Im Berichtsjahr wurden mehrere Änderungen zur weiteren Verbesserung der Anlage umgesetzt. Nennenswert sind:

- Ein Schwerpunkt des Revisionsstillstands 2012 war der Ersatz der Kühlturmeinbauten. Die bestehenden asbesthaltigen Rieseinbauten zeigten Alterungseffekte, was auch den Wirkungsgrad der Anlage beeinträchtigte. Weil die Verwendung von Asbestmaterial nicht mehr zulässig ist, mussten alle asbesthaltigen Komponenten ersetzt werden. Die neuen Einbauten aus Kunststoff haben ein Gesamtgewicht von rund 1100 t. Sie ersetzen die ausgebauten 6448 t Einbauten aus Asbestzement. Die Arbeiten wurden durch die SUVA überwacht. Ersetzt wurden die Rieseleinbauten, die Wasserverteilung und die Tropfenfänger. Dadurch wurde die Kühlwirkung und damit auch der Wirkungsgrad der Anlage verbessert und der Unterhalt erleichtert.
- Das gesamte Areal der Eigenbedarfstransformatoren und der Generatorableitung wurde mit einer Überdachung versehen. Sie dient dem Schutz gegen Witterungseinflüsse und verhindert starke Temperaturschwankungen. Damit wird die betriebliche Verfügbarkeit des Systems verbessert.

- Seit 2010 werden verschiedene kontaminierte Grosskomponenten wie Niederdruckturbine, Kondensator, Niederdruck-Vorwärmer, Pumpen und Rohrleitungen des Reaktorwälzsystems aus Alterungsgründen ausgetauscht und aus strahlenschutztechnischen Gründen auf dem Areal zwischengelagert. Hierzu wird eine neue Aktivlagerhalle gebaut. Während der Jahresrevision 2012 wurden die Tiefbauarbeiten zum Neubau dieser Halle mit dem Bohren und Betonieren der Pfahlgründung und der Erstellung der Baugrube abgeschlossen.
 - Im Revisionsstillstand 2011 wurden die Saug-siebe der Hauptkondensatpumpen durch neue, verstärkte Siebe ersetzt. 2012 wurden an diesem System verschiedene leittechnische Verbesserungen ausgeführt.
 - Nachdem im Jahr 2009 der Maschinenhauskran Süd ertüchtigt worden war, wurde im Jahr 2012 auch der Maschinenhauskran Nord umgebaut. Die neue Laufkatze ist mit einem 100-t- und einem 12,5-t-Hubwerk ausgerüstet. Beide Krananlagen sind nun auf dem technisch neusten Stand. Mit dieser Anlageänderung werden die Wartungskosten gesenkt, die Verfügbarkeit der Krananlage erhöht und die Ersatzteilsituation verbessert.
 - Die Stützplatten der Wärmetauscherrohre und die Stützkonstruktion des Kondensatorhalses wiesen Erosionserscheinungen auf und wurden deshalb ertüchtigt. Im Falle der Wasserkammerbeschichtung war ein Austausch zwingend notwendig. Die Ertüchtigung des Kondensators wird später mit dem Austausch der Wärmetauscherrohre abgeschlossen.
 - Die Innenbeschichtung einer Nebenkühlwasserleitung zeigte Korrosionserscheinungen und musste saniert werden.
- Im Revisionsstillstand 2012 wurden an den elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen zahlreiche Anlageänderungen vorgenommen. Viele dieser Änderungen waren Vorarbeiten in während des Normalbetriebs nicht zugänglichen Bereichen. Diese Anlageänderungen können während des Leistungsbetriebs weitergeführt und abgeschlossen werden.
- Von grosser Bedeutung war der Austausch des Generators gegen einen mit höherer Leistung. Zum Einsatz kam ein bereits vorhandener Rotor, welcher neu gewickelt und in einem neu gefertigten Stator eingebaut wurde. Damit wurde die Nennscheinleistung von 1318 MVA auf 1360 MVA erhöht.

- Die Sicherungssysteme wurden erneuert. In einem ersten Schritt wurden die Drehtüren beim Hauptzutritt in das Kraftwerksareal umgebaut. Anschliessend wurden die weiteren Arealdurchgangstüren nacheinander mit neuen Lesegeräten ausgerüstet.
- Im Rahmen der Erneuerung der technischen Brandschutzanlage wurden die 2010 begonnenen Arbeiten weitergeführt. Ein neues Brandmelde-Leitsystem wurde installiert. Kabelzüge und Melder wurden ersetzt.
- Nicht mehr lieferbare Signalumformer im Bereich der elektrischen Versorgung werden sukzessive durch neue qualifizierte Typen ersetzt. Eine erste Etappe dieses umfassenden mehrjährigen Ersatzvorhabens betraf Ausrüstungen in einer Notsteuerstelle.

4.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Die gemessenen Aktivitätswerte im Primärkreislauf am Ende des 28. Zyklus deuteten auf einen Brennstoffschaden hin. Mittels Teleskop-Sipping wurde das defekte Brennelement im Revisionsstillstand eindeutig identifiziert. Es handelte sich um ein ATRIUM 10XM-Brennelement mit vier Standzeiten. Bei den weiteren Untersuchungen des betroffenen Brennelements wurde ein defekter Brennstab identifiziert. Die Untersuchungen waren Ende 2012 noch nicht abgeschlossen. Die bisherigen Ergebnisse lieferten keinen Hinweis auf eine systematische Ursache für den Brennstabschaden, wovon sich das ENSI anlässlich einer Inspektion überzeugt hat. Weitere defekte Brennstäbe wurden in der Jahresrevision nicht gefunden. Das defekte Brennelement wurde im Reaktorkern durch ein Brennelement gleichen Typs mit vergleichbarem Abbrand ersetzt.

Für den 29. Zyklus (2012/2013) wurden 116 frische Brennelemente des Typs SVEA-96 Optima2 eingesetzt. Der Reaktorkern enthält aktuell 388 ATRIUM 10XM-, 251 SVEA-96 Optima2-, ein ATRIUM 10XP- und acht SVEA-96 Optima3-Brennelemente. Das ENSI hat sich davon überzeugt, dass das KKL nur frische Brennelemente einsetzt, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen. Weiter wurden acht Original-Equipment-Steuerstäbe durch frische Steuerstäbe des Typs CR82M-1 ersetzt.

Schwerpunkte der Brennelementinspektion des KKL bildeten die Messungen von Kastenverbiegungen, das zugehörige Kastenmanagementpro-

gramm und der Zustand von SVEA-96 Optima2- und SVEA-96 Optima3-Brennelementen. Die Werte der Kastenverbiegung haben wie erwartet aufgrund der durchschnittlich höheren Abbrände etwas zugenommen, liegen aber weiterhin im Erfahrungsbereich. Bei der Brennstablängenmessung wurde lediglich ein unwesentliches Stabwachstum identifiziert. Die Messergebnisse für Oxidschichtdicken an den Brennstaboberflächen lagen im Erfahrungsbereich. Der Zustand der inspizierten Brennelemente war auslegungsgemäss. Das KKL ist gemäss dem langfristigen Inspektionsprogramm vorgegangen.

Beim Einbau eines inspizierten SVEA-96-Optima2-Teilbündels in die Crud-Sampling-Aufnahmevorrichtung wurde ein Abstandhalter verbogen. Das betroffene Brennelement wurde daher im 29. Zyklus nicht eingesetzt. Es wurde im Reaktorkern durch ein Brennelement gleichen Typs und vergleichbarem Abbrand ersetzt. Das Vorkommnis war meldepflichtig (vgl. Kap. 4.2). Es hat aber für den Betrieb des 29. Zyklus keine sicherheitstechnische Relevanz.

Im Berichtszeitraum ist der Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnungen überein. Es kam zu keiner Überschreitung von thermischen Betriebsgrenzwerten.

4.3.4 Massnahmen nach Fukushima

Das KKL hat dem ENSI fristgerecht bis zum 30. März 2012 die in der Verfügung vom 1. April 2011 geforderten Nachweise zur Beherrschung eines 10 000-jährlichen Erdbebens sowie der Kombination von Erdbeben und Hochwasser eingereicht. Bereits vorgängig waren die Erdbebenfestigkeitsnachweise (Fragilities) für alle relevanten Bauwerke, Systeme und Komponenten fertiggestellt worden. Neben der Sicherheit des Kernreaktors, des Primärkreislaufs und des Containments war gemäss der ENSI-Verfügung vom 5. Mai 2011 auch die Auslegung der Brennelementlagerbecken, -gebäude und -kühlsysteme zu überprüfen und die Einhaltung der zulässigen Dosislimite für diese Störfälle nachzuweisen. Aufgrund der Prüfung der eingereichten Dokumentation kam das ENSI zum Schluss, dass die Kernkühlung und die Kühlung des Brennelementlagerbeckens unter Einwirkung eines 10 000-jährlichen Erdbebens und der Kombination von Erdbeben und erdbebenbedingtem Hochwasser einzelfehlersicher gewährleis-

tet sind. Die Dosislimite von 100 mSv wird bei diesen Störfällen eingehalten. Das Kriterium gemäss Art. 3 der «Ausserbetriebnahmeverordnung» (SR 732.114.5) wird nicht erreicht. Aus der Stellungnahme des ENSI zum Erdbebennachweis des KKL resultiert dennoch eine Forderung, da das Abheben der Brennelemente im RDB von ihrer Tragstruktur nicht ausführlich genug untersucht worden war. Termingerecht hat das KKL die geforderten Dokumente nachgereicht, deren Überprüfung durch das ENSI im Jahr 2013 geplant ist.

In einer am 29. November 2012 durchgeführten Schwerpunktspektion zum langandauernden Verlust der Stromversorgung überzeugte sich das ENSI von der Verfügbarkeit und der Eignung der zur Beherrschung des langandauernden Totalausfalls der Wechselstromversorgung vorgesehenen Einrichtungen für die Accident-Management-Massnahmen. Die vorgestellte Strategie zur Beherrschung des langandauernden Totalausfalls der Wechselstromversorgung bewertete das ENSI als zielführend. Dennoch identifizierte das ENSI Verbesserungsbedarf sowohl beim verfügbaren Personal für den Betrieb des Tanklöschfahrzeugs als auch bei der erdbebensicheren Lagerung der Einsatzmittel und forderte Korrekturmassnahmen. Aufgrund des Gefährdungspotenzials bei der Lagerung grösserer Benzinmengen verlangte das ENSI, dass das KKL die Benzinmotorpumpen durch Dieselmotorpumpen ersetzt und zudem kurzfristig eine Dieselmotorpumpe aus dem externen Lager Reitnau auf dem Kraftwerksgelände aufstellt. In derselben Inspektion kontrollierte das ENSI die korrekte Ausführung der laut ENSI-Verfügung vom 5. Mai 2011 auf Ende 2012 verlangten externen elektrischen und hydraulischen Anschlüsse für AM-Massnahmen. Es konnte dabei die Erfüllung der Forderung aus der Verfügung festgestellt werden. Am 14. Dezember 2012 führte das ENSI eine Schwerpunktspektion zu den Prozessen und Vorgabedokumenten zur Auswertung externer Vorkommnisse durch. Die Inspektion zeigte, dass geeignete Vorgaben für die Auswertung der für das KKL relevanten externen Vorkommnisse existieren. Ebenso sind die Übergänge zu den für die Umsetzung abgeleiteter Massnahmen relevanten Prozessen festgelegt. Die Prüfung zeigte einzelne Inkonsistenzen in den Vorgabedokumenten. Die inhaltlichen Vorgaben zur Umsetzung der Anforderungen der Richtlinie ENSI-B02 für die Berichterstattung ans ENSI sind nicht vollständig. Aufgrund des festgestellten Verbesserungsbedarfs verlangte das ENSI Korrekturmassnahmen.

4.4 Strahlenschutz

Die während des Kalenderjahrs 2012 im KKL akkumulierte Kollektivdosis betrug 2126 Pers.-mSv. Die höchste registrierte Jahresindividualeddosis betrug 11 mSv. Alle Individueddosen lagen unter dem Dosisgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die sich nicht mit einfachen Mitteln entfernen liessen. Inkorporationen von radioaktiven Stoffen oberhalb der Triageschwelle gab es ebenfalls keine.

Für die Jahresrevision des KKL war eine Kollektivdosis von 1900 Pers.-mSv geplant. Tatsächlich akkumuliert wurden 1955 Pers.-mSv.

Aufgrund der erhöhten Xe-133-Abgaben im Abgas wurde im Juni 2012 auf einen Brennelementschaden geschlossen. Die daraufhin von KKL getroffenen Massnahmen umfassten unter anderem eine lokale Leistungsreduktion, damit im betroffenen Brennelement die Ausweitung des Primärschadens gehemmt und die Wahrscheinlichkeit für Sekundärschäden reduziert wird. Ausserdem wurde ein konservatives Abfahrprozedere durchgeführt. Dabei wurde während 4,5 Stunden ein Leistungsplateau von 80 % gehalten und der Reaktor wurde wegen des möglichen Transports von Spaltprodukten nicht über den Kondensator abgekühlt.

Die radiologischen Arbeitsbedingungen während des Revisionsstillstands waren in der kontrollierten Zone des Maschinenhauses trotz des festgestellten Brennelementschadens gut. Das KKL hat zusätzlich zur Standard-Überwachung für Ortsdosisleistungen und Oberflächenkontaminationen an begehbaren Orten umfassende radiologische Überwachungsmassnahmen getroffen. Diese beinhalteten die Erhebung von zusätzlichen Luft- und Kratzproben, den Einsatz von Alpha-Beta-Luftmonitoren an weiteren Stellen und vermehrte Triagemessungen, besonders für Personal, welches Arbeiten mit erhöhtem Inkorporationsrisiko durchführte. Ausserdem kamen Funkdosimeter zum Einsatz.

Die Dosisleistungen an den Nachkühlssystemen A und B (Austritt Wärmetauscher) lagen mit 20 respektive 10 % etwas höher als zum Zeitpunkt der Revision 2011. An den Umwälzschleifen wurde eine Dosisleistung von 1,45 mSv/h gemessen, dieser Wert ist deutlich niedriger als der 2011 gemessene Wert von knapp 2,5 mSv/h. Dies ist das erwartete Ergebnis der erhöhten Zink-Dosierung. Die Dosisleistung in den begehbaren Bereichen des Drywells bestätigt diesen Trend, wenn auch in etwas kleinerem Ausmass.

Die in der Revision 2010 erstmals im KKL durchgeführte Reinigung der Durchführungen von Steuerstabführungsrohren musste damals nach der Hälfte des geplanten Reinigungsumfangs ab-



Abgehobener
RDB-Deckel
Foto: KKL

gebrochen werden, da die Hochdruckreinigung der Komponenten zu erheblichen Oberflächenkontaminationen im Steuerstabsantriebsraum, zu starker Kontamination des Reinigungswerkzeugs und zu einer Überschreitung des Dosiskontingents von Personen führte. In der Revision 2012 wurden diese Arbeiten mit einem wesentlich verbesserten Werkzeug erfolgreich durchgeführt. Die mit 30 Pers.-mSv geplante Kollektivdosis wurde mit 10 Pers.-mSv deutlich unterschritten.

Am 28. August 2012 wurde bei Ultraschallprüfungen am N5-Stutzen der Speisewasserleitung eine meldepflichtige Rissanzeige festgestellt. Das KKL entschied sich für eine Reparatur des Risses mittels Auftragsschweissen (Full Structural Weld Overlay). Die Reparatur bedingte eine Strahlenschutzplanung für die betreffenden Arbeiten. Die Schweissarbeiten wurden in der heissen Werkstatt an mehreren Mock-ups vorgängig intensiv geübt. Die Kollektivdosis für die Stutzenreparatur belief sich auf 74 Pers.-mSv, was unterhalb des geplanten Werts lag.

Gründe für die trotz Stutzenreparatur nahe beim geplanten Wert liegende Kollektivdosis sind insbesondere das zonenkonforme Verhalten des gesamten Personals, umfangreiche Abschirmmassnahmen und die Verlegung der Drywell-Garderobe in einen Bereich mit niedrigerer Ortsdosisleistung. Mit den Funkdosimetern wurde die Dosis des vor Ort eingesetzten Personals bei Arbeiten in komplexen Strahlenfeldern vom Strahlenschutz ständig überwacht.

Das ENSI stellte bei mehreren Inspektionen fest, dass im KKL ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser ohne Tritium. Die Tritium-Abgaben des KKL betragen rund 7 % des Jahresgrenzwertes. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben Übereinstimmung mit den vom KKL gemeldeten Analyseergebnissen. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKL unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen rund 0,0024 mSv für Erwachsene, 0,0032 mSv für Zehnjährige und 0,0054 mSv für Kleinkinder und liegen damit deutlich unterhalb

des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss der Richtlinie ENSI-G15. Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die Thermolumineszenz-Dosimeter, die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerksareals die Dosis messen, zeigten mit einem Jahreshöchstwert von 1,2 mSv keine signifikante Veränderung gegenüber dem Vorjahr. Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKL wurden ebenfalls keine signifikanten Veränderungen festgestellt. Die in Artikel 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten. Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des KKL wird auf den Strahlenschutzbericht 2012 des ENSI verwiesen.

4.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKL regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas- und Fortluftreinigung und als verbrauchte Brennelementkästen an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 64 m³ höher als im Vorjahr. Der Anfall bewegt sich in der mehrjährigen Schwankungsbreite auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKL vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Ihr Bestand ist mit 8 m³ gering. Brennare und weitere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren kommt im KKL die Zementierung von Harzen und Konzentraten zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und Richtlinie

ENSI-B05 erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden verbrauchte Harze und Konzentrate in zwei Kampagnen zementiert.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKL nutzt aber auch die Kapazitäten der ZWILAG. Die radioaktiven Abfälle des KKL sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Ein wichtiges Element bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKL wurden im Berichtsjahr insgesamt 66 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen.

4.6 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des KKL ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werksareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen zusammen mit einer entsprechenden Auslegung der Anlage hat das KKL die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Das ENSI hat im Oktober 2012 anlässlich der Werksnotfallübung ARIDUS die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Bei der Übung wurde gemäss Szenario eine langanhaltende Trockenheit mit abgesunkenem Grundwasserspiegel und reduzierter Durchflussmenge der Flüsse unterstellt. Eine Überlastung des Stromnetzes führte zu dessen Ausfall. Aufgrund von Instandhaltungsarbeiten stand der Schicht nur eine minimale Anzahl von Notkühlssystemen zur Verfügung. Als Resultat der Trockenheit lieferten die Nebenkühl- und Grundwasserpumpen kein Kühlwasser mehr. Ein südlich des Kühlturms ausgebrochenes Feuer wurde durch den Wind in Richtung des Ausbildungs- und Informationszentrums und eines mit Wasserstoff beladenen Sattelschleppers getrieben. Mehrere Personen erlitten Brandverletzungen und Rauchvergiftungen. Das Versagen weiterer Systeme und Komponente führte zudem zu einem Kühlmittelverlust.

Das ENSI kam zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Das KKL verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit sind.

Das ENSI löste im KKL ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes gemäss Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

4.7 Personal und Organisation

4.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKL den Personalbestand auf 541 Personen erhöht (Ende 2011: 533), um einerseits den erhöhten Personalbedarf für Projekte zu decken und andererseits im Rahmen des Generationenwechsels genügend Einarbeitungszeit zu gewährleisten. Das KKL hat im Jahr 2012 keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen.

Das Managementsystem des KKL entspricht der Norm DIN EN ISO 9001:2008 und wird in regelmäßigen Audits vom Zertifizierungsinstitut geprüft. Das ENSI führte 2012 eine Inspektion zur Integration des Regelwerks in das Managementsystem durch. Die Prozesse, die sicherstellen, dass die verwendeten gesetzlichen und reglementarischen Grundlagen aktuell sind, erfüllen die Anforderungen.

Im Laufe des Jahres 2012 hat das ENSI mit dem KKL Fachgespräche zur Sicherheitskultur durchgeführt. Themen waren die Bedeutung und die Auswirkungen des Unfalls in Fukushima in Bezug auf die Sicherheitskultur der Betreiber der Schweizer Kernkraftwerke. Ziel dieser Art von Gesprächen ist explizit nicht die Bewertung der Sicherheitskultur der Betreiber, sondern die Förderung der Selbstreflexion der Betreiber über die eigene Sicherheitskultur. Im ersten Fachgespräch wurden die vom ENSI vorgegebenen Themen behandelt. Das ENSI wertete das Gespräch aus und informierte den Betreiber im Rahmen eines zweiten Gesprächs über die Ergebnisse.

4.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden fünf Reaktoroperateur-Anwärter des KKL die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der Reaktorschule des PSI. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Die Ausbildung vermittelt die erforderlichen theoretischen Kennt-

nisse in thermischer Kraftwerkstechnik, Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz.

Vier Reaktoroperatoren des KKL legten im Berichtsjahr ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator und besteht in einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI hat eine Inspektion zum Ausbildungsprogramm 2012 der Abteilung Betrieb durchgeführt. Gegenstand der Inspektion waren insbesondere die anlagespezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator und die allgemeine Wiederholungsschulung. Das Ausbildungsprogramm erfüllt die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B10.

4.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Das ENSI hatte im Jahr 2009 gestützt auf die vom KKL eingereichte Periodische Sicherheitsüberprüfung eine Reihe von Forderungen erhoben. Der grösste Teil der Forderungen wurde inzwischen erfüllt. Bei einer Forderung hat das ENSI eine Fristerstreckung für die Bearbeitung bis 31. Dezember 2013 genehmigt.

4.9 Sicherheitsbewertung

4.9.1 Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2012 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System rund 260 Inspektionsgegenstände, Ergebnisse von Zulassungsprüfungen, Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen und Sicherheitsindikatoren bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Dabei kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

Ziele	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ebene 1		V	A	V
Ebene 2	N	V	N	N
Ebene 3	V	A	N	V
Ebene 4		V	N	V
Ebene 5		V	N	N
Integrität der Brennelemente		V	A	N
Integrität des Primärkreises	V		A	N
Integrität des Containments	V		N	
ebenen- oder barrieren-übergreifende Bedeutung		V	A	N

Sicherheitsbewertung 2012 KKL:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Im Folgenden werden jene Zellenbewertungen begründet, die in die Kategorien A (Abweichung) und höher gehören. Die aufgeführten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 1.1 bis 1.7 ausführlicher behandelt. Die Mehrzahl der Sachverhalte ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Während Untersuchungen an Brennelementen wurde während des Revisionsstillstandes ein Abstandhalter leicht verbogen.

Ebene 3, Betriebsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Für eine thermische Limite des Reaktorkerns bestand eine falsche Vorgabe.

Integrität der Brennelemente, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Im 28. Zyklus kam es zu einer Brennstoffleckage.
- Im 29. Zyklus kam es erneut zu einer Brennstoffleckage.

Integrität des Primärkreises, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- An einer Schweissnaht an einem Speisewasserstutzen wurde ein nicht wanddurchdringender Riss festgestellt.

Ebenen- oder barrierenübergreifend, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Der unter Integrität des Primärkreises erwähnte Riss an einer Speisewasserstutzen-Schweissnaht führte zu einer geringfügigen Risikoerhöhung (ICCDP zwischen 10^{-8} und 10^{-6}).

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

Ziele	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität	V	V	A	N
	Kühlung der Brennelemente	V	A	A	V
	Einschluss radioaktiver Stoffe	V	A	A	V
	Begrenzung der Strahlendosis		V	N	V
	schutzzielübergreifende Bedeutung		V	A	N

*Sicherheitsbewertung 2012 KKL: Schutzziel-Perspektive
Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, aber mit zusätzlicher Darstellung radiologischer Auswirkungen*

4.9.2 Gesamtbewertung

Auslegungs-Vorgaben

- Bei der Beurteilung der Auslegungs-Vorgaben hat das ENSI Erkenntnisse aus der letzten Periodischen Sicherheitsüberprüfung PSÜ sowie aus dem EU-Stresstest herangezogen und dabei die Auslegung der Anlage bezüglich Redundanzgrad, Diversität, räumlicher Separation und Robustheit gegen auslösende Ereignisse bewertet. Da die Auslegungs-Vorgaben des KKL die Minimalanforderungen und den Stand ausländischer

Anlagen desselben Typs übertreffen und die nach dem Unfall von Fukushima vorgenommenen Überprüfungen die grosse Robustheit der Auslegung zeigten, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als hoch.

Betriebs-Vorgaben

- Das ENSI beurteilt den Fehler einer thermischen Limite des Reaktorkerns als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich Betriebs-Vorgaben als gut.

Zustand und Verhalten der Anlage

- Das ENSI beurteilt den verbogenen Abstandhalter an einem Brennelement, die Brennstoffleckagen im 28. und 29. Zyklus sowie den nicht wanddurchdringenden Riss an einer Speisewasserstutzen-Schweissnaht als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Da keine Bewertungen der Kategorien A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als hoch. Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.



Blick auf das
Zentrale Zwischenlager
in Würtenlingen
Foto: ENSI

5. Zentrales Zwischenlager Würtenlingen

Das Zentrale Zwischenlager (ZZL) der Zwischenlager Würtenlingen AG (ZWILAG) umfasst mehrere Zwischenlagergebäude, eine Konditionierungsanlage sowie eine Verbrennungs- und Schmelzanlage (Plasma-Anlage).

5.1 Zwischenlagergebäude

Die Zwischenlagergebäude der ZWILAG dienen der Lagerung von abgebrannten Brennelementen und von radioaktiven Abfällen aller Kategorien über mehrere Jahrzehnte bis zu deren Einlagerung in ein geologisches Tiefenlager. Die Lagergebäude umfassen die Behälterlagerhalle (HAA-Lager) für abgebrannte Brennelemente und verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung, das Lagergebäude für mittelaktive Abfälle (MAA-Lager) und die Lagerhalle für schwach- und

mittelaktive Abfälle (SAA-Lager). Zum Zwischenlager gehören auch das Empfangsgebäude und die so genannte heiße Zelle.

Im HAA-Lager wurden im Berichtsjahr zwei Transport- und Lagerbehälter (TL-Behälter) mit abgebrannten Brennelementen aus dem KKL eingelagert. Dazu wurde im Rahmen der Transport- und Umladekampagne von abgebrannten Brennelementen aus dem KKM ein TL-Behälter in der heißen Zelle schrittweise beladen und anschliessend im HAA-Lager eingelagert. Ferner wurden im Herbst drei TL-Behälter mit hochaktiven verglasten Abfällen aus der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague ins Zentrale Zwischenlager in Würtenlingen geliefert. Das ENSI hat die entsprechenden Einlagerungsanträge geprüft und die Einlagerung freigegeben. Ende 2012 betrug der Lagerbestand im HAA-Lager 40 TL-Behälter, davon 5 CASTOR®- und 6 TN-Behälter mit insgesamt 308 Glaskokillen aus der

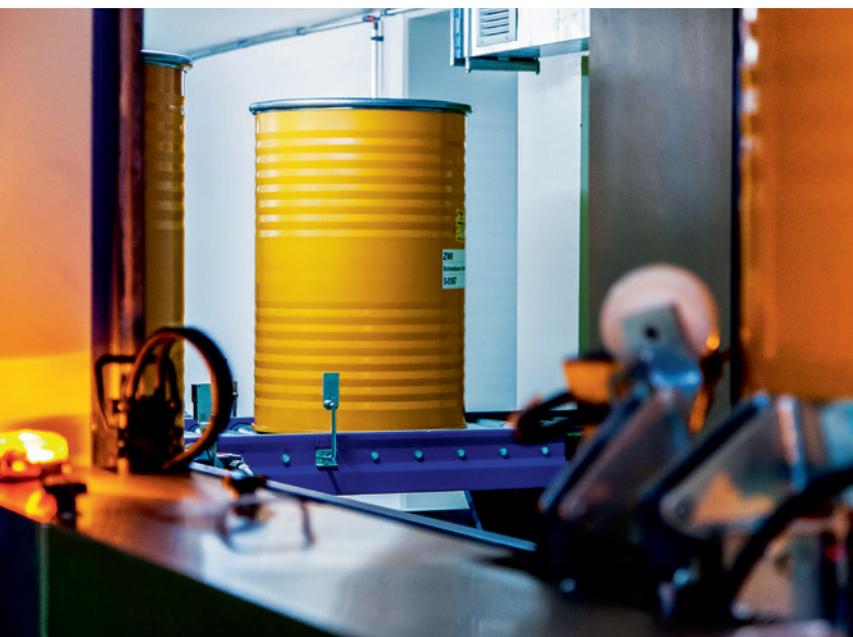
Wiederaufarbeitung von Brennelementen bei AREVA NC (La Hague), 28 TN-Behälter mit insgesamt 2039 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb der KKW sowie 1 CASTOR-Behälter mit den Brennelementen aus dem stillgelegten Forschungsreaktor DIORIT des Paul Scherrer Instituts (PSI). Die Belegung des HAA-Lagers beträgt per Ende 2012 rund 20%. Neben den erwähnten TL-Behältern mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen befinden sich in der Behälterlagerhalle seit September 2003 auch die sechs Grossbehälter mit Stilllegungsabfällen aus dem ehemaligen Versuchsatomkraftwerk Lucens.

Im MAA-Lager wurden im Berichtsjahr durch die ZWILAG konditionierte Gebinde sowie mittelaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in Frankreich (CSD-C) eingelagert. Ende 2012 betrug der Bestand im MAA-Lager 6590 Gebinde in Lagergestellen (Harrassen), was einem Belegungsgrad von rund 24% entspricht. Das SAA-Lager wird entsprechend dem Nutzungskonzept der ZWILAG bis auf weiteres als konventionelles Lager für nichtradioaktive Ausrüstungen und Materialien genutzt. Demzufolge bleibt der maschinentechnische Ausbau auf die für diese Nutzung erforderlichen Einrichtungen beschränkt.

5.2 Konditionierungsanlage

Die Konditionierungsanlage dient der Behandlung von schwachaktiven Abfällen aus dem Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke sowie von radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung, die keine Alphastrahler enthalten.

*Automatischer
Fasstransport
Foto: ZWILAG*



Das Hochregallager der Konditionierungsanlage wurde als Eingangslager für Rohabfälle benutzt. Zu einem späteren Zeitpunkt werden diese ins Hochregallager der Plasma-Anlage transferiert und von dort der Verarbeitung zugeführt.

Betriebsabfälle aus den Kernkraftwerken, die nicht als verbrennbarer oder schmelzbarer Abfall direkt in der Plasma-Anlage verarbeitet werden können, wurden im Bereich der Konditionierung unterschiedlichen Behandlungsverfahren unterzogen. Das Ziel ist es, eine möglichst grosse Menge als inaktives Material freizumessen bzw. den kontaminierten Abfall in eine Form zu überführen, die den Anforderungen der Richtlinie ENSI-B05 entspricht. Im ZZL wurden im Jahr 2012 insgesamt 70,6 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 als inaktiv freigemessen.

Sekundärabfälle aus dem Betrieb der Lager sowie der Konditionierungsanlage und der Plasma-Anlage wurden im Hinblick auf eine spätere Endkonditionierung verarbeitet und verpackt.

Die Zwilag plant zukünftig radioaktiv kontaminierte Asbestabfälle zu konditionieren. Für die Erstellung der Abfallgebindetyp-Spezifikation und die Bestimmung der Zementrezeptur wurden Prüfkörper hergestellt. Für den Umgang mit Asbest war die Einrichtung eines zusätzlichen Schwarzbereichs innerhalb der kontrollierten Zone erforderlich.

5.3 Plasma-Anlage

Aufgabe der Plasma-Anlage ist es, brenn- und schmelzbare schwachaktive Abfälle durch sehr hohe Temperaturen in eine inerte Schlackenmatrix ohne organische Stoffanteile zu überführen. Dieses Produkt stellt nach entsprechender Verpackung eine zwischen- und endlagerfähige Abfallform dar. Zur Verarbeitung gelangen Abfälle aus dem Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke sowie aus Medizin, Industrie und Forschung.

Im Berichtszeitraum wurden wie in den Vorjahren jeweils eine Frühjahrs- und eine Herbstkampagne durchgeführt. Die Arbeiten verliefen planmässig, was sich in der vorschriftsgemässen Verarbeitung von 1376 Abfallfässern und ca. 1400 Liter Flüssigabfällen zu 339 konditionierten Gebinden ausdrückt. Dies entspricht mehr als dem Jahresanfall aus dem Betrieb in allen schweizerischen Kernanlagen.

Es wurde ein relativ hoher Anteil an Schlämmen verarbeitet, darunter versuchsweise auch erstmalig Fässer mit Konzentraten aus dem KKG.

5.4 Strahlenschutz

Im ZZL wurde 2012 eine Kollektivdosis von 19,6 Pers.-mSv akkumuliert. Der geschätzte Wert von 25,2 Pers.-mSv wurde dank guter administrativer und technischer Strahlenschutzmassnahmen deutlich unterschritten. Die höchste registrierte Einzeldosis betrug 1,3 mSv. Im Berichtsjahr wurden weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen festgestellt. Die durch den Strahlenschutz regelmässig erhobenen Proben zeigten weder auf den Oberflächen noch in der Atemluft Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben und Aerosolfiltern bestätigten die von der ZWILAG gemeldeten Analyseergebnisse. Die aufgrund der Abgaben unter ungünstigen Annahmen berechnete Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des ZWILAG lagen mit weniger als 0,001 mSv für Erwachsene, Zehnjährige und Kleinkinder deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,05 mSv. Die ZWILAG und das PSI teilen einen gemeinsamen Standort; die Umgebungsüberwachung für den gesamten Standort mittels Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) wird vom PSI durchgeführt. Die TLD in der Umgebung und am Arealzaun des zentralen Zwischenlagers der ZWILAG zeigten keine dem Betrieb der beiden Anlagen zuzuschreibende Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Die nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Betriebsareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden somit in jedem Fall eingehalten.

Die Tätigkeiten in den Anlagen der ZWILAG wurden unter Einhaltung der gesetzlichen und internen Strahlenschutzvorgaben durchgeführt. Die Ergebnisse der ENSI-Inspektionen bestätigen, dass im ZZL ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz angewendet wird. Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des gemeinsamen Standortes von PSI und ZWILAG wird auf den Strahlenschutzbericht 2012 des ENSI verwiesen.

5.5 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation der ZWILAG ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werksareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation und geeigneten Führungsprozessen zusammen mit einer entsprechenden Auslegung der Anlagen hat die ZWILAG die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Das ENSI hat im Juni 2012 an der Werksnotfallübung PHOENIX die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Das Übungsszenario sah die Zwischenlagerung von Behältern mit kontaminiertem Öl in der Mehrzweckhalle vor. Es wurde dabei angenommen, dass infolge des Absturzes einer Last auf die Behälter diese leck schlugen und das auslaufende Öl sich entzündete. Dabei erlitten Mitarbeitende Verbrennungen. Eine Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umgebung konnte nicht ausgeschlossen werden.

Die ZWILAG hat bei der Übung u. a. Optimierungspotenzial bei der Verletztenbetreuung und bei der Festlegung von Sicherheitsabständen für Einsatzkräfte ohne Atemschutz bei einem möglichen Auftreten von Atemgiften identifiziert.

Das ENSI kam zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Die ZWILAG verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Ferner löste das ENSI in der ZWILAG ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werksnotfallstabs gemäss Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

Spezialfahrzeug
der ZWILAG
Foto: ZWILAG



5.6 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr hat die ZWILAG keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen. Die Belegschaft hat sich um 4 auf 73 Personen, welche 69 Vollzeitstellen besetzten, erhöht. Damit konnten alle Planstellen im Jahr 2012 besetzt werden.

Die ZWILAG hat im Berichtszeitraum rund 350 Ausbildungstage zur Aus- und Weiterbildung seines Personals aufgewendet.

Das Managementsystem der ZWILAG ist seit 2003 zertifiziert, wird in regelmässigen Audits geprüft und entspricht der Norm DIN EN ISO 9001:2008. Das ENSI führte 2012 eine Inspektion zur Integration des Regelwerks in das Managementsystem durch. Die Prozesse, die sicherstellen, dass die verwendeten gesetzlichen und reglementarischen Grundlagen aktuell sind, erfüllen die Anforderungen.

5.7 Vorkommnisse

Im Berichtsjahr waren hinsichtlich der nuklearen Sicherheit keine Vorkommnisse zu verzeichnen, welche dem ENSI gemäss Richtlinie ENSI-B03 gemeldet wurden.

5.8 Gesamtbeurteilung

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die ZWILAG die verschiedenen Anlagen des zentralen Zwischenlagers im Jahr 2012 sicher und ohne sicherheitsrelevante Vorkommnisse betrieben und dabei jederzeit alle Bedingungen der Betriebsbewilligungen eingehalten hat. Das Managementsystem, die Qualifikation und Kapazität des Personals sowie der Zustand der verschiedenen Anlagen stellt ein hohes Mass an Qualität und Zuverlässigkeit sicher.



*Blick aufs
Paul Scherrer Institut
Foto: ENSI*

6. Paul Scherrer Institut (PSI)

6.1 Die Kernanlagen des PSI

Das PSI ist das grösste eidgenössische Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften. Zusammen mit in- und ausländischen Hochschulen, Instituten, Kliniken und Industriebetrieben arbeitet es in den Bereichen Materie und Material, Mensch und Gesundheit sowie Energie und Umwelt. Das Hotlabor, die Anlagen für die Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle, der abgestellte Forschungsreaktor PROTEUS sowie die im Rückbau befindlichen Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT sind Kernanlagen und werden durch das ENSI beaufsichtigt.

Im Berichtsjahr waren hinsichtlich der nuklearen Sicherheit zwei Vorkommnisse zu verzeichnen, welche dem ENSI gemäss Richtlinie ENSI-B03 gemeldet wurden. Diese sind im Kapitel Forschungsreaktor PROTEUS und im Kapitel Strahlenschutz erörtert.

6.2 Hotlabor

Im Hotlabor werden hochradioaktive Substanzen gehandhabt. Die Abteilung Hotlabor, das Forschungslabor für nukleare Materialien und die Target-Entwicklungsgruppe untersuchen unter anderem in Reaktoren oder Beschleunigern stark bestrahlte Werkstoffe und Kernbrennstoffe mit unterschiedlichen makro- und mikroskopischen Methoden.

Im Berichtsjahr erfolgten in den Hotzellen die Probenahmen für die MEGAPIE-Nachbestrahlungsuntersuchungen sowie die Vorkonditionierung des dazu eingesetzten Schmelzofens. Zu diesen Arbeiten hat das ENSI zwei Inspektionen durchgeführt.

Im Hotlabor erfolgt auch die Konditionierung radioaktiver Abfälle aus dem Betrieb seiner heissen Zellen. Darunter fallen insbesondere flüssige Abfälle, die bei der Brennstoff-Analytik anfallen und Aktinide sowie Spalt- und Aktivierungsprodukte

enthalten. Zur Verfestigung dieser flüssigen radioaktiven Abfälle hat das PSI die Fixbox-3-Anlage entwickelt und konstruiert. Ende 2010 hatte das ENSI die Durchführung der Typenprüfung für den diesbezüglichen Abfallgebindetyp genehmigt. Der Kampagnenstart verzögerte sich aber infolge eines vom PSI festgestellten Nachrüstungsbedarfs der Fixbox-Anlage erneut.

Am 27. Januar 2005 hatte das PSI ein Gesuch für die Erneuerung der Betriebsbewilligung des Hotlabors beim Bundesamt für Energie BFE eingereicht. Das ENSI hat als Aufsichtsbehörde die eingereichten Dokumente geprüft und Nachbesserungen verlangt. Mit Brief vom 26. Januar 2007 hat das PSI eine überarbeitete Fassung des Sicherheitsberichts und weitere mitgeltende Dokumente eingereicht. Die Begutachtung dieser Unterlagen ergab, dass unter anderem die Nachweise bezüglich der Erdbebenfestigkeit des Hotlabors mit den verschärften Gefährdungsannahmen von 2005 unvollständig und teilweise nicht nachvollziehbar waren. Das PSI hat dazu Nachbesserungen im November 2011 und September 2012 eingereicht. Der Nachweis der Festigkeit des Hotlabors gegen ein Betriebserdbeben ist nachvollziehbar. Hingegen beurteilt das ENSI den Nachweis für die Festigkeit des Hotlabors gegen ein 10 000-jährliches Erdbeben in einigen Punkten als nicht nachvollziehbar. Das PSI muss weitere Abklärungen tätigen. In der Zwischenzeit hat das ENSI zur Erhöhung der Sicherheit des Hotlabors im Juni 2012 36 Forderungen verfügt. Ein Grossteil der Forderungen betreffen das Betriebsreglement und die Betriebsvorschriften. Mit der Erfüllung dieser Forderungen entsprechen Betriebsreglement und -vorschriften den Vorgaben der Kernenergiegesetzgebung von 2004.

Im Hotlabor wurden im Jahr 2012 insgesamt 10,5 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen. Der grösste Teil dieses Materials stammte aus diversen Nachrüstungen und Umbauarbeiten.

6.3 Forschungsreaktor PROTEUS

Nachdem die Direktion des PSI dem ENSI im Jahr 2011 die Stilllegung des Forschungsreaktors PROTEUS mitgeteilt hatte, hat das ENSI im Januar 2012 verfügt, dass das PSI für PROTEUS bis Ende März 2013 das Stilllegungsprojekt ausarbeiten und den Behörden einreichen muss. Nachdem bereits im Jahr 2011 die Treiberstäbe aus dem Reaktorkern entladen worden waren, wurden 2012 auch die

Pufferstäbe entladen und ins anlageninterne Stablager überführt. Damit befindet sich nun kein Kernmaterial mehr im Reaktorkern. Allerdings bleibt die Entsorgung oder Weiterverwertung des Kernbrennstoffs noch ungeklärt.

Vorkommnis: Beim Entladen der Pufferstäbe am 21. Februar 2012 hat sich ein Pufferstab in der Halterung (Gitterplatte) verkantet. Dadurch löste sich der Endzapfen vom Hüllrohr und einige Partikel Natur-Uran traten aus. Dies führte zu einer geringfügigen lokalen Kontamination, die umgehend beseitigt werden konnte. Der beschädigte Pufferstab wurde provisorisch verschlossen und mit der Gitterplatte aus dem Reaktor entladen. Ein Wischtest zeigte, dass der betroffene Bereich nach der Reinigung wieder kontaminationsfrei war. Der Stab wurde in ein Überrohr eingesetzt und wie die übrigen Pufferstäbe ins PROTEUS-Stablager überführt. Das Vorkommnis hat eine geringe sicherheitstechnische Bedeutung. Das ENSI bewertet das Vorkommnis mit INES 0.

6.4 Stillgelegte oder im Rückbau stehende Kernanlagen

Am PSI befinden sich derzeit die zwei ehemaligen Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT im weit fortgeschrittenen Rückbau. Eine weitere Kernanlage, die 2002 endgültig ausser Betrieb genommene Versuchsverbrennungsanlage, wird nach Vorliegen der entsprechenden Verfügung ebenfalls zurückgebaut werden.

Beim Forschungsreaktor SAPHIR sind das Reaktorbecken und die biologische Abschirmung vollständig zurückgebaut und entsorgt. Der planmässige, mit dem vollständigen Abbruch der Kernanlage und der Entlassung aus der Kernenergiegesetzgebung endende Abschluss der Stilllegung ist derzeit nicht absehbar, weil die dazu erforderliche vorgängige Auflösung des Kernbrennstofflagers noch nicht bewerkstelligt werden kann.

Der biologische Schild des Reaktors DIORIT wurde im Berichtsjahr zurückgebaut. Insgesamt fielen im Jahr 2012 rund 117 Tonnen Material an, die gemäss der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen und konventionell entsorgt wurden. Die Gebäulichkeiten des ehemaligen Forschungsreaktors sollen erhalten bleiben; das PSI plant diese anderweitig weiterzunutzen. Zuvor müssen aber noch die restlichen radioaktiven Abfälle entsorgt, die Stilllegung abgeschlossen und die rechtliche Situation geklärt werden.



Abfälle aus
Medizin, Industrie
und Forschung
Foto: PSI

Der Betrieb der Versuchsverbrennungsanlage des PSI wurde Ende 2002 eingestellt; seitdem erfolgt die Überwachung dieser Kernanlage routinemässig durch die Sektion Rückbau und Entsorgung des PSI. Mitte 2011 hat das PSI für die Versuchsverbrennungsanlage beim BFE das Stilllegungsprojekt eingereicht. Dieses wurde vom ENSI unterdessen geprüft. Das entsprechende Gutachten wurde im Dezember 2012 beim BFE eingereicht, welches das Stilllegungsverfahren leitet. Das Gutachten des ENSI wird eine Grundlage für die Stilllegungsverfügung des UVEK bilden, die Voraussetzung für den Beginn der Rückbauarbeiten der Versuchsverbrennungsanlage ist.

6.5 Behandlung radioaktiver Abfälle

Das PSI ist die Sammelstelle des Bundes für radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF-Abfälle). Ebenfalls im Eigentum des Bundes sind die im PSI anfallenden radioaktiven Abfälle aus den Anwendungen radioaktiver Isotope in Forschungsprojekten, insbesondere bei Brennstoffuntersuchungen, aus den Beschleunigeranlagen, aus dem Rückbau von Forschungsanlagen sowie aus dem Betrieb der nuklearen Infrastruktur. Dazu gehören z.B. LüftungsfILTER und Abfälle aus der Abwasserbehandlung. Alle genannten Abfälle sind sowohl chemisch als auch physikalisch unterschiedlich, so dass vor ihrer Endkonditionierung oft eine Triage und Vorbehandlungen

notwendig sind. Zudem ergeben sich unterschiedliche Konditionierungs- und Verpackungskonzepte, was ein im Vergleich zur Behandlung von Abfällen aus den Kernkraftwerken umfangreicheres und häufig änderndes Spektrum an Abfallgebindetypen bedingt.

Im Jahr 2012 wurden insgesamt rund 66,3 m³ Abfälle bei der Bundessammelstelle angeliefert, davon 61,9 m³ aus dem PSI, 4,4 m³ aus der jährlichen Sammelaktion des Bundesamts für Gesundheit (BAG).

Zusätzlich wurden 17 vorkonditionierte Stahlzylinder (0,17 m³) angeliefert. Deren Übertritt in den Aufsichtsbereich des ENSI wurde vorgängig auf Basis der Richtlinie ENSI-B05 genehmigt. Derartige Zylinder mit flüchtigen MIF-Abfällen werden routinemässig in der Industrie hergestellt. Sie sind als dicht verschweisste, nicht zulassungspflichtige Versandstücke qualifiziert und werden jährlich bei der Bundessammelstelle am PSI abgeliefert. Infolge eines Ende 2011 gemeldeten Vorkommnisses mit tritiumhaltigen undichten Zylindern hatte das ENSI die Genehmigung der entsprechenden Abfallgebindetypen sistiert, so dass die betroffene Firma bis zur Lösung des Problems keine weiteren Gebinde an die Bundessammelstelle abliefern kann.

Zur Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG wurden 6,94 m³ feste, brennbare Rohabfälle aussortiert und verpresst; dabei wurden 9 Fässer à 200 Liter befüllt. Im Berichtsjahr hat das PSI jedoch keine Gebinde zur Behandlung in der Plasma-Anlage an die ZWILAG abgeliefert.

Im Berichtsjahr hat das PSI 13 Fässer à 200 Liter sowie 4 Beton-Kleincontainer vom Typ KC-T12 mit Stilllegungsabfällen aus dem Forschungsreaktor DIORIT (3 KC-T12) und Abfällen aus den Beschleunigeranlagen des PSI-West (1 KC-T12) endkonditioniert.

15,1 m³ Material konnten dekontaminiert und inaktiv freigegeben werden.

Des Weiteren hat das ENSI die Typenprüfung eines neuen Abfallgebindetyps mit Pu-haltigen und Pu-kontaminierten Pressabfällen des HOTLABORS verfügt. Die im Dezember 2012 gestartete Kampagne musste jedoch aufgrund einer Intervention der IAEA wegen Unklarheiten betreffend der Terminierung der Abfälle unterbrochen werden.

6.6 Lagerung radioaktiver Abfälle

Im Bundeszwischenlager (BZL) werden vorwiegend 200-Liter-Fässer und Kleincontainer (bis 4,5 m³) mit konditionierten Abfällen eingelagert. Fallweise werden unkonditionierte Komponenten in Kleincontainern temporär aufbewahrt. Das ENSI stimmt der Aufbewahrung nicht endkonditionierter Abfälle im BZL zu, sofern dies dem Optimierungsgebot nach Artikel 6 der Strahlenschutzverordnung entspricht. In der Berichtsperiode wurden 4 KC-T12 in das Bundeszwischenlager BZL eingelagert, jedoch keine neuen endkonditionierten 200-Liter-Gebinde. Ende 2012 war der mit 200-Liter-Fässern belegte Raum mit 4844 Gebinden unverändert zu ca. 85% gefüllt. Das Inventar des BZL-Container-Teils nahm um 4 KC-T12 zu; Ende 2012 befanden sich 86 endkonditionierte KC-T12/30 im BZL.

In weiteren Hallen lagern entsprechend den betrieblichen Erfordernissen sowohl unkonditionierte als auch konditionierte Abfälle. Im DIORIT befinden sich noch 2 nicht endkonditionierte KC-T12 mit Rückbauabfällen. Das PSI setzt das gleiche elektronische Buchführungssystem wie die Kernkraftwerke ein, so dass die Information über Mengen, Lagerort und radiologische Eigenschaften der radioaktiven Abfälle jederzeit verfügbar ist. Das PSI berichtet dem ENSI vierteljährlich über die Lagerung radioaktiver Abfälle.

Die in Kap. 6.5 genannten, bei der Bundessammelstelle abgelieferten 17 Stahlzylinder wurden im Hinblick auf deren Einlagerung in das BZL temporär in den Lagerhallen auf dem Gelände AERA untergebracht.

Das PSI hat sein per Ende 2011 beim BFE eingereichtes Gesuch für den Bau eines Stapelplatzes am

PSI-Ost Ende 2012 zurückgezogen und beabsichtigt stattdessen ein neues, kombiniertes Bau- und Betriebsbewilligungsgesuch einzureichen.

6.7 Strahlenschutz

Im Jahr 2012 akkumulierten die 1449 beruflich strahlenexponierten Personen des PSI eine Kollektivdosis von 90,2 Pers.-mSv (2011: 100,7 Pers.-mSv). Davon stammen 12,3 Pers.-mSv aus dem Aufsichtsbereich des ENSI (2011: 11,7 Pers.-mSv) bei einer höchsten Individualdosis von 1,2 mSv (2011: 0,7 mSv).

Das ENSI hat vierteljährlich Wasserproben aus den Abwassertanks des PSI erhoben und bei der gamma-spektrometrischen Auswertung festgestellt, dass die Ergebnisse des ENSI mit denen der PSI-eigenen Analysen übereinstimmen. Aus den bilanzierten Abgaben radioaktiver Stoffe über die Fortluftanlagen und über das Abwassersystem wurde unter konservativen Annahmen für den ungünstigsten Aufenthaltsort ausserhalb des überwachten PSI-Areals eine Personendosis von rund 0,007 mSv/Jahr berechnet. Diese Dosis liegt deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv/Jahr gemäss PSI-Abgabereglement. Detaillierte Angaben zu den Personendosen sind im Strahlenschutzbericht 2012 des ENSI zu finden.

Vorkommnis: An einer im Juni 2011 dem ENSI als freigemessen gemeldeten Stahlplatte, die seither auf dem Areal der Kernanlagen des PSI-Ost gelagert war, hat das PSI am 4. September 2012 durch die zufällige Deponierung eines Kontaminationsmessgeräts auf der Stahlplatte eine das Kriterium für die Freimessung überschreitende Oberflächenkontamination von Co-60 (an der am stärksten betroffenen Stelle) und Ba-133 festgestellt. Die kontaminierte Platte lag über längere Zeit ausserhalb der kontrollierten Zone am PSI. Die Beurteilung des Vorkommnisses durch das ENSI ergab als Ursache unzureichende Betriebsvorgaben zur Durchführung von Freimessungen. Das Vorkommnis hatte keine radiologischen Auswirkungen. Das ENSI bewertet das Vorkommnis mit INES 0.

6.8 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des PSI ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werksareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation,

geeigneten Führungsprozessen und einer entsprechenden Auslegung seiner Anlagen hat das PSI die Notfallbereitschaft sicherzustellen.

Das ENSI hat im November 2012 an der Institutsnotfallübung DONUT zusammen mit dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) die Notfallorganisation des PSI beobachtet und beurteilt. Für die Übung wurde ein Szenario gewählt, bei dem es in einem Experimentierlabor zu einem Brand und daraus folgend zur Explosion von Sauerstoffflaschen kam. Durch die Explosion wurden Personen verletzt. Zudem fiel ein Behälter für radioaktive Abfälle zu Boden. Dabei wurde eine verletzte Person kontaminiert.

Aufgrund ihrer Übungsbeobachtungen identifizierten das ENSI und das BAG Verbesserungsbedarf bei der Alarmierung der Notfallorganisation und der Orientierung der Aufsichtsbehörden BAG und ENSI. Das ENSI und das BAG kamen zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Das PSI verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

6.9 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr hat sich die Zahl des zulassungspflichtigen Personals am Forschungsreaktor PROTEUS weiter verringert. Es verbleiben drei Reaktorphysiker (höchste Zulassungsstufe). Aus Sicht des ENSI ist diese Besetzung für den abgestellten Forschungsreaktor noch ausreichend. Im Jahr 2013 werden organisatorische Massnahmen im Hinblick auf den Nachbetrieb und der Stilllegung des Forschungsreaktors durch das PSI erwartet.

Die Personalsituation und die Organisation in den sich im Rückbau befindenden Kernanlagen SAPHIR und DIORIT ist weitgehend unverändert.

Die Sektion Rückbau und Entsorgung, welche die Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle betreibt, verfügt über ein akkreditiertes Qualitätsmanagementsystem nach ISO/IEC 17020.

Das ENSI führte im Berichtszeitraum am PSI Inspektionen zur Integration des Regelwerks in das Managementsystem durch. Inspiziert wurden die Managementsysteme der Sektion Rückbau und Entsorgung, der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit und des Hotlabors. Die Prozesse, die sicherstellen, dass die verwendeten gesetzlichen und reglementarischen Grundlagen aktuell sind, erfüllen die Anforderungen.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Organisation in den Kernanlagen des PSI genügend ist

und den Anforderungen der Kernenergiegesetzgebung genügt.

6.10 Strahlenschutz-Schule

Nach Prüfung der Gesuchsunterlagen wurde der Ausbildungskurs zum Strahlenschutz-Techniker vom ENSI für eine Periode von weiteren zehn Jahren bis 2022 anerkannt. Dieser Kurs dauert mit Prüfungsvorbereitungen und Prüfung 11,5 Wochen und ist im deutschsprachigen Raum wegen der praxisnahen und auf die Herausforderungen im Berufsalltag der Strahlenschutz-Techniker ausgerichteten Ausbildung vorbildlich. Der Strahlenschutz-Techniker-Kurs wurde im Berichtsjahr von neun Teilnehmern aus schweizerischen Kernkraftwerken, aus dem PSI und aus deutschen Unternehmen, welche fallweise in der Schweiz tätig sind, absolviert. Acht Teilnehmer haben eine Abschlussarbeit eingereicht und die schriftlichen und mündlichen Prüfungen erfolgreich bestanden. Das ENSI hat die Qualität des Unterrichts beurteilt, die Prüfungen beaufsichtigt und ein hohes Niveau der Lehrveranstaltungen festgestellt.

6.11 Gesamtbeurteilung

Die nukleare Sicherheit im PSI war sowohl in Bezug auf die Auslegung der Kernanlagen als auch auf das Betriebsgeschehen grösstenteils gut. Die gemeldeten Betriebsstörungen und Vorkommnisse waren für das Personal, die Kernanlagen und die Umgebung von geringer sicherheitstechnischer Bedeutung. Durch den Betrieb der Anlagen gab es keine radiologischen Auswirkungen auf die Bevölkerung. Das ENSI kommt zum Schluss, dass das Personal der Vielfalt und Komplexität der PSI-Anlagen angemessen Rechnung trägt.

7. Weitere Kernanlagen

7.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Die Kernanlage der EPFL umfasst den Forschungsreaktor CROCUS, das Neutronenexperiment CARROUSEL, die Neutronenquelle LOTUS und die angegliederten Labors. Diese Anlagen sind dem Laboratoire de physique des Réacteurs et de comportement des Systèmes (LRS) zugeteilt, das dem Institut de Physique de l'Énergie et des Particules (IPEP) angehört. Am 1. Oktober 2012 hat ein neuer Professor die Leitung des Labors übernommen.

Im Jahr 2012 stand der CROCUS-Reaktor Ingenieur- und Physikstudenten der EPFL, Kursteilnehmern der Reaktorschule des PSI und Studenten des Swiss Nuclear Engineering Masterkurses der ETHZ/EPFL während 143,3 Stunden bei kleiner Leistung (unter 100 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 251,1 Wh thermische Energie erzeugt. Das Experiment CARROUSEL wurde für Praktika verwendet. Die Neutronenquelle LOTUS war nicht in Betrieb.

Im Jahr 2012 waren keine meldepflichtigen Vorkommnisse von sicherheitstechnischer Bedeutung gemäss Richtlinie ENSI-B03 zu verzeichnen. Die Dosen des Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend. Im November 2012 hat das ENSI seine Jahresinspektion durchgeführt. Dabei wurden technische, organisatorische und personelle Änderungen besprochen und ein Rundgang durch verschiedene Anlagenräume durchgeführt.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Betriebsbedingungen im Jahr 2012 eingehalten wurden.

7.2 Universität Basel

Der Forschungsreaktor AGN-211-P der Universität Basel dient vorwiegend der Ausbildung von Studenten und der Anwendung in der Neutronenaktivierungsanalytik.

Die Nutzung des Reaktors hat sich gegenüber den Vorjahren kaum verändert. Im Berichtsjahr betrug die produzierte Energie 29,5 kWh. Die Nutzung verteilt sich auf die Neutronenaktivierungsanalytik für die Universitäten Bern und Basel, die Kurse der Reaktorschule und der Strahlenschutzkurse sowie auf etliche Vorführungen für Besuchergruppen und Schulklassen. Der Reaktorbetrieb erfolgte im Kalenderjahr 2012 störungsfrei bei einer thermischen Leistung von rund 1 kW. Vom Bewilligungsinhaber wurden zwei umfassende Kontrollen der Reaktorschutzinstrumentierung durchgeführt und die Reaktorwasseraktivität überprüft, wobei keine Abweichungen von den Vorgaben festgestellt wurden.

Im Jahr 2012 waren keine meldepflichtigen Vorkommnisse von sicherheitstechnischer Bedeutung gemäss Richtlinie ENSI-B03 zu verzeichnen. Die Dosen des Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und den Abwasserpfad war unbedeutend. Im November 2012 hat das ENSI seine Jahresinspektion durchgeführt. Dabei wurden technische, organisatorische und personelle Änderungen besprochen und es wurde ein Rundgang durch die Anlagenräume durchgeführt.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Betriebsbedingungen im Jahr 2012 eingehalten wurden.

8. Transporte und Behälter

8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung

Die schweizerischen Vorschriften für den Transport radioaktiver Stoffe auf Strasse und Schiene basieren u.a. auf den internationalen Regelwerken über den Transport gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR¹) bzw. mit der Eisenbahn (RID²). Bei allen Verkehrsträgern kommen die IAEA-Empfehlungen (TS-R-1³) für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe zur Anwendung. Basierend auf diesen Empfehlungen wird das internationale Transportrecht regelmässig angepasst. Im nationalen Transportrecht für Gefahrgüter der Klasse 7 (radioaktive Stoffe) gelten u.a. die SDR⁴ und die RSD⁵.

Die nach diesen Rechtsvorschriften erforderlichen Genehmigungen betreffen je nach Anwendungsfall die Versandstücke und/oder den Beförderungsvorgang. Sie bilden eine Voraussetzung für die ebenfalls erforderlichen Bewilligungen nach Kernenergie- oder Strahlenschutzgesetz (vgl. folgende Kapitel). Das ENSI ist die zuständige schweizerische Behörde für die Ausstellung von Genehmigungszeugnissen gemäss Gefahrgutgesetzgebung, unabhängig davon, ob es sich beim Transportgut um radioaktive Stoffe aus Kernanlagen oder aus anderen Betrieben handelt. Derzeit findet in der Schweiz keine Fertigung von zulassungspflichtigen Versandstücken statt. Die umfassende Zulassung derartiger Behältertypen im Ursprungsland ist somit nicht Aufgabe des ENSI. Dagegen ist häufig eine Anerkennung der von der zuständigen Behörde des Ursprungslandes ausgestellten Zulassung von Versandstückmustern erforderlich. Dabei prüft das ENSI die Vollständigkeit des zugehörigen Sicherheitsberichts insbesondere hinsichtlich des Nachweises, dass alle gemäss ADR/RID und TS-R-1

vorgeschriebenen Anforderungen erfüllt sind. Beförderungsgenehmigungen sind in bestimmten Fällen erforderlich, vor allem wenn die Beförderung aufgrund einer Sondervereinbarung erfolgt. In solchen Fällen müssen für den Transport spezielle Massnahmen durch das ENSI festgelegt werden. Zudem wird anhand der eingereichten Dokumente jeweils geprüft, dass Verpackung und Inhalt den Vorschriften entsprechen.

Im Berichtsjahr hat das ENSI sechs Gesuche nach Gefahrgutgesetzgebung beurteilt und die entsprechende Genehmigung ausgestellt. Vier Gesuche betrafen die Anerkennung der Zulassung von Versandstückmustern. Zwei Gesuche bezogen sich auf eine Beförderungsgenehmigung nach Gefahrgutrecht.

8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung

Gemäss Artikel 2 des Strahlenschutzgesetzes sind die Beförderung auf öffentlichen Verkehrswegen sowie die Ein- und Ausfuhr von radioaktiven Stoffen bewilligungspflichtige Tätigkeiten. Die Voraussetzungen für die Erlangung solcher Bewilligungen sind im Strahlenschutzgesetz (StSG) und in der Strahlenschutzverordnung (StSV) festgehalten. Derartige Bewilligungen sind über einen längeren Zeitraum befristet und hinsichtlich der Anzahl Transporte üblicherweise nicht begrenzt. Allerdings verlangt die Strahlenschutzverordnung jeweils eine separate Bewilligung, falls bei einem einzelnen Vorgang eine bestimmte Aktivitätsmenge überschritten wird. Im Bereich der Kernanlagen ist das ENSI die zuständige Behörde, für den sonstigen Bereich ist das BAG zuständig. Im Berichtsjahr hat das ENSI eine allgemeine Bewilligung erteilt.

Das BAG und ENSI haben 2011 einem vereinfachten Bearbeitungsverfahren zugestimmt, falls ein Gesuchsteller bereits in Besitz einer entsprechenden Bewilligung aus dem anderen Zuständigkeitsbereich ist. Zwei Bewilligungen, die in den Jahren 2010 und 2011 vom BAG erteilt wurden, wurden im Zuge dieser Harmonisierung im Berichtsjahr nun auch vom ENSI anerkannt. Neu haben

¹ Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse

² Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter

³ IAEA Safety Standards Series: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2009 Edition, Safety Requirements TS-R-1

⁴ Verordnung vom 29. November 2002 über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SR 741.621)

⁵ Verordnung vom 3. Dezember 1996 über die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn (SR 742.401.6)



diese Bewilligungen eine Gültigkeit von 10 Jahren. Aufgrund der längeren Gültigkeitsdauer der Bewilligung wird ein Nachweis für die Aktualisierung der Strahlenschutzkenntnisse des Strahlenschutzsachverständigen nach fünf Jahren durch den Besuch eines Weiterbildungskurses verlangt.

8.3 Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung

Nach den Artikeln 6 und 34 des Kernenergiegesetzes (KEG) bedarf der Umgang mit Kernmaterialien und radioaktiven Abfällen aus Kernanlagen einer Bewilligung des Bundes. Artikel 3 des KEG präzisiert den Begriff «Umgang» als Forschung, Entwicklung, Herstellung, Transport, Einfuhr, Ausfuhr, Durchfuhr und Vermittlung. Zuständig für die Erteilung solcher Bewilligungen ist das BFE. Im Hinblick auf die kernenergierechtliche Bewilligung von Transporten prüft das ENSI als Fachbehörde, dass die nukleare Sicherheit und Sicherung gewährleistet und die Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter erfüllt sind. Das BFE erteilt die Bewilligung erst auf Grund einer zustimmenden Beurteilung durch das ENSI.

Im Berichtsjahr hat das ENSI 11 Beurteilungen für kernenergierechtliche Transportbewilligungen abgegeben. Von diesen betreffen 6 Bewilligungen Transporte von Kernmaterial und 5 solche von Abfällen. Bei den Kernmaterialien handelte es sich um

a) die Versorgung von vier Werken mit frischen Brennelementen, b) einen Transport für die Durchfuhr von Kernbrennstoff durch die Schweiz und c) einen Transport von Brennstäben zur Untersuchung im Paul Scherrer Institut. Bei den radioaktiven Abfällen bestand je 1 Transport aus der Rückfuhr von Wiederaufarbeitungsabfällen der Art CSD-V und CSD-C von La Hague zur Zwiilag; 4 Transporte betrafen radioaktive Abfälle von den Kernkraftwerken zur ZWILAG zur Verarbeitung und Zwischenlagerung.

8.4 Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen

In La Hague (Frankreich) und in Sellafield (Grossbritannien) wurden abgebrannte Brennelemente aus schweizerischen Kernkraftwerken durch die Firmen AREVA NC und SL (Sellafield Ltd.) im Rahmen der abgeschlossenen Verträge wiederaufgearbeitet. Durch das Wiederaufarbeitungsmoratorium (Art. 106, Abs. 4 KEG) beschränken sich diese Arbeiten auf die vor Juli 2006 dorthin transportierten Brennelemente. Die bei der Wiederaufarbeitung entstandenen Abfälle müssen vertragsgemäss in die Schweiz zurückgeföhrt werden. Zur Rücklieferung sind bereits verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung bei AREVA NC und bei SL sowie mittelaktive Abfälle der AREVA NC erzeugt worden.

Im Berichtsjahr wurde nach einem Unterbruch von sechs Jahren die Rücklieferung von hochaktiven Abfällen (CSD-V) der AREVA NC fortgesetzt. Im Herbst fand eine Anlieferung von hochaktiven Abfällen aus La Hague statt, die aus 84 CSD-V-Kokillen mit Abfällen aus der Wiederaufarbeitung von Brennstoff aus KKG und KKM bestand. Sie erfolgte in drei TL-Behälter mit je 28 Kokillen. Die drei TL-Behälter wurden im HAA-Lager eingelagert. Das ENSI hat dem jeweiligen Abfalleigentümer für jede der Rücklieferungen eine Genehmigung zum Übertritt in den Aufsichtsbereich des ENSI gemäss der Richtlinie ENSI-B05 erteilt, die entsprechenden Einlagerungsanträge geprüft und die Einlagerungsfreigaben erteilt. Ferner hat auch das ENSI stichprobenweise die Beladung eines TL-Behälters in La Hague inspiziert. Bei dieser Kontrolle wurde die Übereinstimmung mit den Vorgaben festgestellt. Die entsprechende Rücknahmequote dieser Abfallart betrug per Ende 2012 rund 70% der Rücknahmeverpflichtung. Weitere Transporte dieser Abfallart zum zentralen Zwischenlager der ZWILAG werden ab 2014 stattfinden.

Im Berichtsjahr wurde weiterhin auch die Rücklieferung von mittelaktiven verpressten Abfällen (CSD-C) der AREVA NC fortgesetzt. Wie die Glaskokillen (CSD-V) werden diese Gebinde in den gleichen Behältern angeliefert, da beide Gebindetypen zwar unterschiedliche Massen, aber identische Abmessungen haben. Die CSD-C können im ZZL jedoch analog den mittelaktiven Betriebsabfällen wieder ausgeladen und im MAA-Lager eingelagert werden. Die Anlieferung im Frühjahr bestand aus 60 CSD-C-Behältern mit Abfällen aus der Wiederaufarbeitung von Brennstoff aus dem Betrieb des KKB. Sie erfolgte in drei Transportbehältern mit je 20 Kokillen. Die CSD-C-Behälter wurden jeweils aus den Transportbehältern entladen und in das MAA-Lager der ZWILAG eingelagert. Die entleerten Transportbehälter wurden anschliessend für die bereits oben beschriebenen Rücklieferungen hochaktiver CSD-V-Gebinde eingesetzt. Die Rücknahmequote der mittelaktiven CSD-C-Abfälle betrug per Ende 2012 rund 60% der Rücknahmeverpflichtung. Das ENSI hat dem jeweiligen Abfalleigentümer für jede der Rücklieferungen eine Genehmigung zum Übertritt in den Aufsichtsbereich des ENSI gemäss der Richtlinie ENSI-B05 erteilt.

Im Jahr 2010 hat Areva NC vorgeschlagen, statt bituminierte Schlämme aus den Wasserreinigungsanlagen der Wiederaufarbeitungsanlage verglaste mittelaktive Abfälle in Form von sogenannten CSD-

B-Kokillen zurückzuführen. Die Schweizer Kernkraftwerksbetreiber haben einen gemeinsamen Vertrag für die Rücknahme von CSD-B-Kokillen mit Areva NC abgeschlossen. Daher stellten sie am 8. Februar 2011 beim Bundesamt für Energie (BFE) ein Vorabklärungsgesuch für diese Abfall-Kategorie. Das BFE hat das ENSI mit der sicherheitstechnischen Prüfung des Gesuchs beauftragt. Das ENSI hat in seiner Stellungnahme zum Vorabklärungsgesuch vom Juni 2012 festgestellt, dass die CSD-B-Kokillen die Kriterien der Richtlinie ENSI-B05 erfüllen. Die Abfallgebinde sind genügend dokumentiert und sind grundsätzlich transport-, zwischen- und endlagerfähig. Das Bundesamt für Energie hat am 9. November 2012 eine positive Verfügung für die Rücklieferung dieser Abfälle erteilt.

Für die Rückführung der Abfälle aus Sellafield machen die schweizerischen Kernkraftwerksbetreiber von der Möglichkeit der Substitution Gebrauch: An Stelle der schwach- und mittelaktiven Abfälle wird eine hinsichtlich der radiologischen Eigenschaften gleichwertige, aber volumenmässig viel kleinere Menge an verglasten, hochaktiven Abfällen in die Schweiz zurückgeführt und so die Anzahl der Transporte stark reduziert. Aus organisatorischen und logistischen Gründen sind die Rücktransporte der Glaskokillen aus Sellafield erneut verzögert. Statt wie ursprünglich für das Jahr 2013 vorgesehen, sollen die ersten drei Behälter nun im 2014 in die Schweiz transportiert werden. Das ENSI hat sich vor Ort in Sellafield davon überzeugt, dass die Voraussetzungen für die technische Abwicklung, die begleitenden Kontrollen und die Einhaltung der neuen Terminplanung gegeben sind.

8.5 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern

Das Konzept der Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und von Glaskokillen besteht darin, diese Abfälle in störfallsicheren Transport- und Lagerbehältern (TL-Behältern) einzuschliessen, deren Dichtheit im Zwischenlager kontinuierlich überwacht wird. Diese Behälter werden von den Kernkraftwerken bzw. von den Wiederaufarbeitungsanlagen zum jeweiligen Zwischenlager transportiert, dort in der Behälterlagerhalle abgestellt und an das Überwachungssystem angeschlossen. Die TL-Behälter müssen die Sicherheit für den gesamten Zeitraum der Zwischenlagerung gewährleisten, weshalb hierfür gegenüber einem reinen Transportbehälter nochmals erhöhte

Anforderungen zu erfüllen sind. Die Anforderungen und Verfahren hierzu regelt die Richtlinie ENSI-G05. Mit dieser Richtlinie sind nicht nur die Anforderungen an die Auslegung der TL-Behälter spezifiziert, sondern auch die Anforderungen an die Behälterfertigung, wie etwa Qualitätsanforderungen, begleitende Kontrollen oder Behälterdokumentation. Bei der Fertigung derartiger Behälter sind festgelegte und vom ENSI freigegebene Abläufe einzuhalten, was im Auftrag des ENSI von unabhängigen Experten kontrolliert wird. Für jedes einzelne Behälterexemplar bestätigt das ENSI schliesslich den qualitätsgerechten Abschluss der Fertigung durch seine Freigabe zur Verwendung. Ende 2012 befanden sich 20 Behälter in den verschiedenen Fertigungsphasen, von der Fertigungsvorbereitung bis zur Endprüfung der Gesamtdokumentation nach Fertigungsabschluss. Im Jahr 2012 wurden 16 Brennelementbehälter und 5 Behälter für hochaktive verglaste Abfälle Kontrollen während der Fertigung unterzogen. Soweit sich Beanstandungen ergaben, wurden diese in allen Fällen vom Hersteller korrigiert oder nach eingehender Prüfung als akzeptabel qualifiziert, sofern die auslegungsgemässe Sicherheit des jeweiligen Behälters nachgewiesen werden konnte. Die Anzahl der Beanstandungen hat sich gegenüber dem Vorjahr nicht weiter erhöht. Erste vom Hersteller eingeleitete Korrekturmassnahmen entfalten ihre Wirksamkeit. Weitergehende Massnahmen wurden verfügt und befinden sich in der Umsetzung.

Zusätzlich wurde die planmässige Umrüstung von drei zunächst für den Transport von kompaktierten Abfällen genutzten TL-Behältern auf die Konfiguration zum Transport und zur Zwischenlagerung von hochaktiven Abfällen überprüft. Vorprüfunterlagen, Durchführung und Dokumentation wurden geprüft und inspiziert. Es ergaben sich keine Beanstandungen.

Im Berichtsjahr wurden seitens des ENSI drei Freigaben für die Verwendung und drei Freigaben für die Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern erteilt.

Zurzeit befinden sich zwei neue Behälterbauarten im Zulassungsverfahren nach der Richtlinie ENSI-G05. Auf Grund des innovativen Charakters dieser Behälterbauarten und des daraus folgenden Prüfumfanges werden diese Verfahren als Projekte unter Beizug externer Experten abgewickelt.

8.6 Inspektionen und Audits

Bei der Beförderung radioaktiver Stoffe müssen zur Sicherheit des Transportpersonals und der Bevölkerung die Strahlenschutz- und Transportvorschriften eingehalten werden. Die Qualitätssicherungsprogramme der Konstrukteure und Hersteller von Verpackungen sowie jene der Spediteure, Absender, Beförderer und Empfänger von radioaktiven Stoffen müssen die Einhaltung der Vorschriften gewährleisten. Im Rahmen der in den Kapiteln 8.1 bis 8.3 beschriebenen Bewilligungsverfahren wird dies vom ENSI überprüft. Zudem prüft das ENSI im Rahmen seiner Inspektionen regelmässig übergeordnete organisatorische Aspekte, die als gute Indikatoren für ein «gelebtes» Qualitätsbewusstsein dienen.

Das ENSI führte im Jahr 2012 in seinem Aufsichtsbereich 11 Transportinspektionen durch. Die Inspektionen betrafen die Abfertigung von Behältern mit Brennelementen, Brennstäben, hochaktiven Abfällen, Proben, kontaminierten Werkzeugen und Komponenten sowie von einem bereits benutzten, leeren Behälter mit Kontamination im Innenraum. Grenzwerte für Kontamination, Dosisleistung und weitere Behältereigenschaften wurden in allen Fällen eingehalten. Bezüglich der Transportdurchführung konnte bei allen Inspektionen die Einhaltung der Vorschriften bezüglich Sicherheit und Strahlenschutz des Personals, der Bevölkerung und der Umwelt nachgewiesen werden.

Bei zwei Inspektionen wurde hinsichtlich der Vorgabedokumente und Prozesse ein Verbesserungsbedarf festgestellt. Im einen Fall hat das ENSI eine fehlende Eindeutigkeit bei der Zuweisung von Verantwortlichkeiten zwischen offiziellen Beförderungsdokumenten und internen Vorgabedokumenten des KKW identifiziert. Im anderen Fall wurde ein fehlender interner Prozess bezüglich der Instruktion von Chauffeuren zum angemessenen Verhalten auf dem Areal des KKW angemahnt. In beiden Fällen hat das ENSI entsprechende Forderungen gestellt, die von den Betreibern der KKW in konkrete Massnahmen umgesetzt werden.



Ein Versuchsstollen
im Felslabor Mont Terri
Foto: Nagra

9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle

Einleitung

Für die Abfallverursacher besteht die gesetzliche Verpflichtung, die anfallenden radioaktiven Abfälle sicher in geologischen Tiefenlagern zu entsorgen. Diese Verpflichtung haben die Abfallverursacher an die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) übertragen. Deren aktuelles Entsorgungskonzept umfasst zwei Tiefenlager, eines für schwach- und mittelaktive Abfälle und eines für hochaktive Abfälle. Es sieht parallel dazu auch die Möglichkeit eines Kombilagers vor. Die durch die Nagra verfolgte wissenschaftliche und technische Vorbereitung der geologischen Tiefenlager umfasst eine Vielzahl interdisziplinärer Projekte und bezweckt die Erarbeitung konkreter Vorschläge für die Ausgestaltung und den Standort.

Die Verfahrensleitung der Standortwahl der Tiefenlager erfolgt durch den Bund. Die entspre-

chenden Vorgaben wurden im Sachplan geologische Tiefenlager (SGT) definiert (Kap. 9.1).

Das Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen beschreibt den Realisierungsplan und die notwendigen Schritte und wurde im Berichtsjahr vom ENSI überprüft (Kap. 9.2). Der schweizerische Bundesrat hat verfügt, dass Hinweise und offene Fragen aus dem Entsorgungsnachweis Projekt Opalinuston von den Entsorgungspflichtigen systematisch zu erfassen und zu bearbeiten sind. Das ENSI hat im Berichtsjahr zum entsprechenden Bericht der Nagra Stellung genommen (Kap. 9.3).

Die Kernkraftwerkbetreiber sind gesetzlich verpflichtet, alle fünf Jahre die voraussichtliche Höhe der Stilllegungs- und Entsorgungskosten zu berechnen. Das ENSI hat im Jahr 2012 die entsprechende Kostenstudie 2011 der Kernkraftwerkbetreiber beurteilt (Kap. 9.4).

Das ENSI wird von der Expertengruppe geologische Tiefenlagerung (EGT) und Firmen wie Basler und Hoffmann bei seinen sicherheitstechnischen Beurteilungen von Aspekten zu den geologischen Standortgebieten, zur bautechnischen Machbarkeit sowie zur Sicherheit von geologischen Tiefenlagern unterstützt (Kap. 9.5).

Die für die Tiefenlagerung notwendigen Daten werden teilweise in Felslaboratorien ermittelt, in welchen auch das ENSI Forschungsprojekte betreibt (Kap. 9.6).

Die Verfolgung des Stands von Wissenschaft und Technik bezüglich Tiefenlager-relevanten Prozessen wird durch die Mitarbeit in internationalen Programmen ergänzt (Kap. 9.7).

9.1 Sachplan geologische Tiefenlager

Der vom Bundesrat im April 2008 genehmigte Sachplan geologische Tiefenlager regelt das Standortauswahlverfahren für geologische Tiefenlager. Das Verfahren ist in drei Etappen aufgeteilt. Gegen Ende 2011 wurde nach Prüfung durch die Aufsichtsgremien des Bundes der von der Nagra für die Etappe 1 des Sachplans eingereichte Vorschlag gutgeheissen. Dieser Vorschlag umfasst sechs Standortgebiete für ein Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA, Gebiete Südranden, Zürich Nordost, Nördlich Lägern, Jura Ost, Jura-Südfuss und Wellenberg) sowie drei Standortgebiete für die Lagerung hochaktiver Abfälle (HAA, Gebiete Zürich Nordost, Nördlich Lägern und Jura Ost). Diese Gebiete wurden in die Raumplanung der jeweiligen Region aufgenommen. In der im Jahr 2012 gestarteten Etappe 2 des Sachplanverfahrens hat die Nagra zunächst innerhalb der aus der Etappe 1 resultierenden Standortgebiete und der sie umgebenden Planungsperimeter Standorte für Oberflächenanlagen vorgeschlagen. Diese Vorschläge und die zu deren Herleitung angewendete Methodik waren Basis für die Diskussionen in den Regionen, welche durch die Regionalkonferenzen und deren Fachgruppen vertreten wurden. Das ENSI unterstützte deren Arbeit durch Präsentationen zu grundsätzlichen Themen bezüglich Sicherheit und den Aufgaben des ENSI. Dies geschah im Rahmen von Ausbildungsveranstaltungen für die Mitglieder der Regionalkonferenzen sowie durch Auskünfte zu standortunabhängigen Fragen, beispielsweise bezüglich der sicherheitstechnischen Vor- und Nachteile von Schächten und Rampen als Zugangsbauwerke.

Schutzbereich für geologische Standortgebiete

Im Ergebnisbericht zur Etappe 1 wird festgehalten, dass die in den Sachplan geologische Tiefenlager aufgenommenen Standortgebiete vor einer Verletzung der Wirt- und Rahmengesteine, wie sie beispielsweise aus der Nutzung der tiefen Geothermie resultiert, zu schützen sind. Die Kantone haben deshalb dafür zu sorgen, dass durch erteilte Bewilligungen und Konzessionen jegliche Gefährdung der geologischen Standortgebiete ausgeschlossen wird. Dazu hat das ENSI von der Nagra GIS-Karten erstellen lassen und diese nach Prüfung im April 2012 an die Kantone weitergegeben. Auf Basis dieser Karten beurteilen die Kantone in Zukunft die Bewilligung von Bohrungen und Bauten im Untergrund.

Ergänzende Untersuchungen in Etappe 2

Gemäss Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager hatten die Entsorgungspflichtigen im Hinblick auf die Etappe 2 vorgängig mit dem ENSI abzuklären, ob der Kenntnisstand der sicherheitsrelevanten Prozesse und Parameter ausreicht, um die in der Etappe 2 vorgesehenen provisorischen Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich (ENSI 33/075) durchführen zu können, und welche ergänzenden Untersuchungen dafür notwendig sind. Die Nagra hatte dazu den Bericht NTB 10-01 eingereicht. Das ENSI wiederum hat zu diesem im Bericht ENSI 33/115 Stellung genommen und 41 Forderungen für zusätzliche Untersuchungen gestellt, die vor der Einreichung der Unterlagen für die Etappe 2 erfüllt sein müssen. Die Hauptforderungen des ENSI betreffen die Verbesserung des Kenntnisstands über die Wirtgesteine Brauner Dogger und Effinger Schichten, die systematische Beschreibung der hydraulischen Fliesswege in den Standortregionen und vertiefte Untersuchungen zu bautechnischen Aspekten.

Als Teil der Untersuchungen zur Etappe 2 hat die Nagra im Winter 2011/2012 in der Nordschweiz neue seismische Profile von 305 km Länge aufgenommen. Diese 2D-Seismik-Kampagne wurde neben den HAA-Standortgebieten Jura Ost und Nördlich Lägern auch auf die SMA-Gebiete Südranden und Jura-Südfuss ausgedehnt. Die Auswertung dieser Seismik-Messungen ist im Gange. Zwischenergebnisse wurden den Fachvertretern der Bundes- und Kantons-Behörden und deren Experten durch die Nagra im November 2012 vorgestellt.

In der Etappe 2 sind je mindestens zwei geologische Standortgebiete für ein Tiefenlager für SMA und für HAA vorzuschlagen. Für die vorgeschla-

genen Standorte werden für weitere Untersuchungen, wie z.B. Sondierbohrungen, Bewilligungen notwendig sein, um in der Etappe 3 – das heisst im Hinblick auf die Rahmenbewilligung – den gemäss Kernenergieverordnung (KEV, SR 732.11) geforderten Kenntnisstand zu erreichen. Das ENSI erwartet deshalb, dass die Nagra mit den Standortvorschlägen in der Etappe 2 entsprechende Gesuche einreichen wird.

Vorgaben für Etappe 2 SGT

Bei der Standortauswahl für ein geologisches Tiefenlager hat Sicherheit oberste Priorität. Das ENSI hat das im Sachplan geologische Tiefenlager festgeschriebene Vorgehen für die Auswahl von mindestens zwei geologischen Standortgebieten pro Lagertyp präzisiert. Dazu hat das ENSI Fachsitzen und Behördenseminare mit Vertretern des Beirats Entsorgung, der Arbeitsgruppe Sicherheit der Kantone (AG SiKa) der kantonalen Expertengruppe Sicherheit (KES), der Expertengruppe Geologische Tiefenlager (EGT) und der Nagra organisiert und die Meinung zahlreicher Experten berücksichtigt.

Im Rahmen der Gutachten und Stellungnahmen zur Etappe 1 und zum Nagra-Bericht NTB10-01 wurde von verschiedenen Seiten die von der Nagra in der Etappe 1 verwendete Bewertungsmethodik kritisiert. Da die Nagra gemäss Sachplan in der Etappe 2 ebenfalls die Standortgebiete anhand der 13 Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit bewerten muss, hat das ENSI die Bedenken an der Bewertungsmethodik aufgenommen, alternative Lösungsansätze untersucht, diese anhand von Fallbeispielen geprüft und seine Vorgaben im Bericht ENSI 33/154 weiter präzisiert.

Ergänzend hat das ENSI den Ablauf der Überprüfung des Kenntnisstands im Bericht ENSI 33/155 festgehalten. Wichtiger Schritt in diesem Ablauf ist, dass im Rahmen von Fachsitzen die Behörden und Gremien des Sachplanverfahrens über die Ergebnisse der Nagra informiert werden und der erreichte Kenntnisstand festgestellt wird.

In der Etappe 2 sind die bautechnischen Risiken stufengerecht und für die jeweiligen Standorte zu betrachten. Das ENSI hat die entsprechenden Anforderungen für die bautechnischen Risikoanalysen zusammen mit seinen Experten entwickelt und im Bericht ENSI 33/170 festgehalten. Die Nagra muss gemäss diesen Vorgaben die geologischen Risiken der Zugangsbauwerke bei Bau und Betrieb eines Tiefenlagers ausweisen und zeigen, mit welchen Massnahmen diese Risiken beherrschbar



Vermessen
eines Bohrkerns

Foto: Comet

sind. Die Nagra muss zudem beweisen, dass die Erschliessung des Tiefenlagers vom Standortareal an der Oberfläche aus sicher gebaut, betrieben und verschlossen werden kann. Dabei sind auch mögliche Varianten der Zugangsbauwerke (Rampe/Schacht-Kombinationen) zu untersuchen. Allfällige Auswirkungen – insbesondere auf die Langzeitsicherheit – sind dabei aufzuzeigen.

Technisches Forum Sicherheit

Der Sachplan geologische Tiefenlager sieht für die Beantwortung sicherheitstechnischer Fragen das Technische Forum Sicherheit vor, das vom ENSI geleitet wird. In Zusammenarbeit mit Vertretern der Kantone, der Standortregionen und der Nachbarländer, der Bundesbehörden und weiterer interessierter Organisationen werden sicherheitsrelevante Fragen gesammelt, beantwortet und die Fragen/Antworten der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Im Jahr 2012 fanden vier Sitzungen des Technischen Forums Sicherheit statt. Von den bis Ende 2012 eingetroffenen 88 Fragen waren deren 70 bis Ende 2012 beantwortet. Die Fragen und Antworten sind unter www.technischesforum.ch einsehbar.

Basierend auf den seit 2008 eingereichten Fragen hat das ENSI die Broschüre «Geologische Tiefenlager – Radioaktive Abfälle sicher entsorgen» zusammengestellt, die wichtige und häufig gestellte Fragen erläutert. Dabei wurden verständliche Texte und anschauliche Grafiken verwendet. Die Broschüre zeigt aber auch, in welchen Punkten noch weiterer Forschungs- und Untersuchungsbedarf besteht.

Im Rahmen von Fachbeiträgen wurden im Technischen Forum Sicherheit auch spezifische Themen

dargelegt und diskutiert, darunter das Thema der von der Nagra durchgeführten 2D-Seismik und deren aktueller Stand der Auswertung. Im Sinne eines Fachaustausches mit den deutschen Nachbarn wurde zudem das «Eckpunktepapier zur Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle in Deutschland» vom Umweltministerium Baden-Württemberg vorgestellt und diskutiert.

9.2 Entsorgungsprogramm

In Artikel 52 KEV wird festgelegt, dass die Entsorgungspflichtigen ein Entsorgungsprogramm vorlegen müssen und alle fünf Jahre anzupassen haben. Zuständig für die Überprüfung und Überwachung der Einhaltung des Programms sind das ENSI und das Bundesamt für Energie (BFE). Das BFE prüft darin den Finanzplan für die Entsorgungsarbeiten bis zur Ausserbetriebnahme der Kernanlagen sowie das Informationskonzept der Nagra. Das ENSI prüft die sicherheitsrelevanten und auslegungsspezifischen Aspekte.

Der Bericht zum Entsorgungsprogramm (NTB 08-01) wurde im Oktober 2008 durch die Entsorgungspflichtigen mit den Standortvorschlägen für geologische Tiefenlager eingereicht. Die Prüfung des Entsorgungsprogramms wurde aufgrund der vorgezogenen Beurteilungen zur Etappe 1 und

zum Bericht NTB 10-01 (siehe Kap. 9.1) erst 2012 abgeschlossen. Das ENSI und das BFE kommen in ihrer Prüfung und Beurteilung zum Schluss, dass die Nagra im Auftrag der Entsorgungspflichtigen mit dem Einreichen des Entsorgungsprogramms den gesetzlichen Auftrag gemäss Art. 32 KEG (Kernenergiegesetz, SR 732.1) und Art. 52 KEV grundsätzlich erfüllt hat. Hinsichtlich der nächsten Aktualisierung des Entsorgungsprogramms im Jahre 2016 fordert das ENSI verschiedene Ergänzungen und die vorgängige Einreichung des aktualisierten Forschungs- und Entwicklungsprogramms, welches die stufengerechte Abarbeitung der offenen Fragen aufzeigen muss.

Der Bericht der Nagra und die dazu erfolgten Stellungnahmen seitens der Bundesbehörden wurden in der zweiten Jahreshälfte 2012 in einer dreimonatigen Anhörung vernehmlasszt. Im letzten Quartal 2012 begann die Auswertung der eingegangenen Stellungnahmen durch das BFE und das ENSI.

9.3 Offene Fragen aus dem Entsorgungsnachweis

Der Schweizerische Bundesrat hatte im Juni 2006 verfügt, dass der Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente (BE), verglaste hochaktive

Stollen im Felslabor
Mont Terri
Foto: Comet



Abfälle (HAA) und langlebige mittelaktive Abfälle (LMA) erbracht ist. Er legte fest, dass die Kernkraftwerksgesellschaften gleichzeitig mit dem Entsorgungsprogramm nach Artikel 32 KEG dem Bundesrat einen Bericht zu unterbreiten haben, der alle in den Gutachten und Stellungnahmen der damaligen HSK, KNE und KSA sowie der OECD/NEA-Experten enthaltenen offenen Fragen, Hinweise und Empfehlungen systematisch erfasst und aufzeigt, wie diese im weiteren Verfahren zeit- und sachgerecht beantwortet werden. Diese offenen Einzelpunkte und Empfehlungen stellen die grundsätzliche Machbarkeit eines geologischen Tiefenlagers in der Schweiz nicht in Frage, sie müssen aber stufengerecht im Verlauf der schrittweisen Weiterentwicklung bearbeitet werden.

Die Nagra reichte daher zeitgleich mit dem Entsorgungsprogramm (siehe Kap. 9.2) den Bericht NTB 08-02 ein und legte darin ihre Vorgehensweise zu den rund 200 Empfehlungen dar. Das ENSI hat seine Stellungnahme zum Bericht NTB 08-02 im Jahr 2012 veröffentlicht und darin festgestellt, dass die Nagra alle Empfehlungen der verschiedenen begutachtenden Gremien in den vom Schweizerischen Bundesrat geforderten Bericht aufgenommen hat, diese stufengerecht und zielführend bearbeitet hat und damit der Verfügung des Schweizerischen Bundesrats nachgekommen ist. Wichtige Empfehlungen aus dem damaligen Verfahren wurden bereits in den Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager und in die Richtlinie ENSI-G03 integriert. Sie wurden von der Nagra bei der Ausarbeitung des Vorschlags geologischer Standortgebiete in der Etappe 1 des SGT berücksichtigt. Im Hinblick auf das Rahmenbewilligungsgesuch weist das ENSI in seiner Stellungnahme auf Themen hin, die in das Forschungs- und Entwicklungsprogramm der Nagra aufzunehmen sind und bis zur Einreichung des Gesuchs abgearbeitet sein müssen.

Der Bericht der Nagra und die dazu erfolgten Stellungnahmen seitens der Bundesbehörden waren zeitgleich mit den Dokumenten zum Entsorgungsprogramm der Nagra (siehe Kap. 9.2) während drei Monaten zur Vernehmlassung aufgelegt.

9.4 Kostenstudie

Die Finanzierung der Stilllegung der Kernkraftwerke nach deren Ausserbetriebnahme einerseits und der Entsorgung der radioaktiven Abfälle andererseits wird in der Schweiz durch zwei unabhängige

Fonds sichergestellt. Der Stilllegungsfonds deckt die Kosten zur Stilllegung der Kernanlagen, der Entsorgungsfonds deckt die Kosten zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle und der abgebrannten Brennelemente in geologischen Tiefenlagern. Beide Fonds werden durch Beiträge der Betreiber geäuft, die gemäss Art. 27 und 31 KEG zur Übernahme dieser Kosten verpflichtet sind.

Die Kernkraftwerksbetreiber sind gesetzlich angewiesen, die voraussichtliche Höhe der Stilllegungs- und Entsorgungskosten gemäss Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung (SEFV, SR 732.17) alle fünf Jahre zu berechnen und als Kostenstudien zur Überprüfung einzureichen. Die Kraftwerksbetreiber (vertreten durch swissnuclear) und die Nagra haben ihre letzte Kostenstudie aus dem Jahre 2006 (KS06) per November 2011 überarbeitet und die aktualisierte Kostenstudie 2011 (KS11) zur Prüfung eingereicht. Das ENSI wurde beauftragt, die Studien zu den Stilllegungs- und Entsorgungskosten zu prüfen. Zur Überprüfung hat das ENSI externe Experten beigezogen. Die Deutsche TÜV NORD EnSys Hannover GmbH & Co hat Stellungnahmen zu den Stilllegungskostenstudien verfasst. Das Schweizer Ingenieurunternehmen Basler & Hofmann hat die Kostenstudien für den Bau (einschliesslich aller Bauvorgänge, Materialien und Unterhalte) der geologischen Tiefenlager überprüft. Als anerkannte Experten weisen diese Firmen praktische Erfahrung in der Stilllegung von Kernkraftwerken beziehungsweise im Erstellen von Untertagebauwerken auf. Gestützt auf deren Expertisen kommt das ENSI in seiner Beurteilung zum Schluss, dass die Kostenstudie 2011 vollständig und korrekt ausgeführt ist. Die vorgelegten Kostenschätzungen sind aus seiner Sicht für den aktuellen Projektstand plausibel und ausreichend. Es hat zwölf Punkte mit Verbesserungsbedarf identifiziert, die bei der nächsten Aktualisierung zu berücksichtigen sind.

9.5 Expertengruppe geologische Tiefenlagerung (EGT)

Die Expertengruppe geologische Tiefenlagerung (EGT) wurde vom ENSI 2012 ins Leben gerufen. Sie übernimmt im Sachplan geologische Tiefenlager die Rolle der vom Bundesrat aufgelösten Kommission Nukleare Entsorgung (KNE). Geleitet von Professor Simon Löw (ETH Zürich) deckt die Expertengruppe Fragen zur geologischen Beurteilung der Standortgebiete sowie zur bautechnischen Mach-

barkeit und Sicherheit von geologischen Tiefenlagern ab. Die EGT bietet dem ENSI die Möglichkeit, bei wichtigen Fragestellungen mit international anerkannten Experten zusammenzuarbeiten und damit das eigene Know-how zu erweitern. Im Jahr 2012 haben vier Sitzungen stattgefunden. Schwerpunkte waren die Lagerauslegung, seismische Untersuchungen, Erdbeben in relevanten Zeiträumen, die tektonische und geodynamische Entwicklung im Tafeljura der Nordschweiz, geochemische Prozesse im Nahfeld und der Gastransport in den technischen und geologischen Barrieren. Vertreter der EGT beantworteten ferner Fragen im technischen Forum Sicherheit.

9.6 Felslaboratorien

In der Schweiz werden zwei Felslaboratorien im Kristallin- und im Tongestein (Felslabor Grimsel und Felslabor Mont Terri) betrieben, wo unter internationaler Beteiligung umfangreiche Forschungsprojekte durchgeführt werden. Sie dienen einerseits der Charakterisierung und Erfassung der geotechnischen, geochemischen und hydraulischen Eigenschaften der dortigen Gesteinsformationen und andererseits der Entwicklung und Überprüfung von Lagerkonzepten für den sicheren Einschluss radioaktiver Abfälle. Für die Beurteilung der Sicherheit von geologischen Tiefenlagern liefern diese Forschungsarbeiten wichtige Erkenntnisse. Sie erlauben, anhand von Demonstrationsversuchen das Verhalten technischer (Bentonit, Zement, Stahlbehälter) und natürlicher Barrieren (Wirtgestein und Rahmengesteine) zu untersuchen. Zudem ermöglichen sie die Validierung entsprechender Modellrechnungen.

Das ENSI beteiligt sich seit 2003 mit eigenen Projekten und Kooperationen an der Forschung im Felslabor Mont Terri, um die behördeninterne Fachkompetenz zu erhalten und zu fördern. Der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten lag 2012 auf der Fortführung und Auswertung des sogenannten RC-Experimentes, welches von der Ingenieurgeologie der ETH Zürich betreut und 2013 abgeschlossen werden soll. Zielsetzung dieses Experiments ist es, die durch den Bau der Galerie-2008 infolge von Spannungumlagerungen hervorgerufenen Deformationen im Opalinuston quantitativ zu erfassen. Ergänzt werden diese Untersuchungen durch umfangreiche felsmechanische Laborversuche, mit welchen die felsmechanischen Kennwerte des Opalinustons ermittelt und für

Rechensimulationen verfügbar gemacht werden. Am RC-Experiment beteiligen sich neben dem ENSI und der ETH auch die deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR (geophysikalische Messungen) und die swisstopo (geodätische Messungen).

Neben dem RC-Experiment beteiligt sich das ENSI ausserdem an zwei kleineren Experimenten. Das eine Experiment untersucht das zyklische Austrocknungsverhalten der Stollenwand des Opalinustons in Abhängigkeit des Stollenklimas (Temperatur, Luftfeuchtigkeit). Mit dem anderen Experiment evaluiert das ENSI zusammen mit swisstopo eine neue Methode der Durchlässigkeitsbestimmung in Bohrungen anhand von Verdunstungsmessungen. In einem weiteren Experiment untersucht das ENSI ferner zusammen mit der swisstopo und der französischen Organisation ANDRA das Materialverhalten (u.a. Langzeitbeständigkeit) der Glasfasertechnologie mit integrierten Mess-Sensoren. Dies geschieht, um deren Tauglichkeit zur Langzeitüberwachung geologischer Tiefenlager (Monitoring) zu testen.

9.7 Internationaler Wissenstransfer

Die Mitarbeit in nationalen und internationalen Arbeitsgruppen bietet dem ENSI Gelegenheit, alle relevanten Fragestellungen im Bereich der Entsorgung in geologischen Tiefenlagern im europäischen Rahmen zu verfolgen und bezüglich Stand von Wissenschaft und Forschung über die aktuellen Entwicklungen informiert zu bleiben. Die Resultate dieser Arbeiten fliessen in die Aufsichtstätigkeit des ENSI im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager ein.

Neben der Beteiligung des ENSI an der internationalen Forschung im Felslabor Mont Terri (Kap. 9.6) engagiert es sich im Rahmen weiterer Forschungsprogramme zur Entsorgung (EU-Projekte) und arbeitet in verschiedenen internationalen Gremien mit. Das 2009 gestartete Forschungsprojekt FORGE («fate of repository gases») der Europäischen Union dient der Erforschung der in einem geologischen Tiefenlager durch Korrosion oder Zersetzung produzierten Gase, dem damit verbundenen Gasdruckaufbau und dem Abtransport des Gases durch ein wenig durchlässiges Medium (z.B. ein tonreiches Gestein). Das Projekt wird im Jahr 2013 abgeschlossen.

Das Projekt SITEX («sustainable network of independent technical expertise for radioactive waste

disposal») wurde im Februar 2012 gestartet mit dem Ziel, eine Plattform für die Aufsichtsbehörden und ihre Experten für geologische Tiefenlager aufzubauen. Im Rahmen dieser Plattform soll der regulatorische Bedarf für alle Phasen der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers diskutiert und evaluiert werden. Es soll darauf aufbauend geklärt werden, welche Schwerpunkte für die regulatorische Sicherheitsforschung und bei der technischen Expertise für zukünftige Realisierungsschritte gesetzt werden sollen. Der Erfahrungsaustausch über verschiedene regulatorische Fachthemen wird für das ENSI bei den sicherheitstechnischen Beurteilungen der Arbeiten der Nagra im Sachplanverfahren geologische Tiefenlager wertvolle Impulse liefern.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts der Agneb (Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung) verfolgt das ENSI die Aktivitäten am vierjährigen EU-Forschungsprojekt MoDeRn («monitoring developments for safe repository operation and staged closure», 2009–2013). Mit diesem Projekt werden die aktuellen Aktivitäten und technischen Entwicklungen auf dem Gebiet der Umweltüberwachung (Monitoring) und der dazu relevanten Messtechnik antizipiert.

Das ENSI beteiligt sich ferner an den Aktivitäten der OECD-NEA Arbeitsgruppe IGSC («Integration Group for the Safety Case») sowie der Untergruppe «Working Group on Measurements and Physical Understanding of Groundwater Flow through Argillaceous Media» (Clay Club). Spezifisches Thema der IGSC war 2012 das Management von Ungewissheiten im Sicherheitsnachweis. Der Clay Club beschäftigt sich mit spezifischen Aspekten des Stofftransportes in Tongesteinen, dem in der Schweiz bevorzugten Wirtgestein für die geologische Tiefenlagerung. In beiden Arbeitsgruppen sind neben dem ENSI weitere Behörden und Organisationen aus Ländern vertreten, die sich mit der sicheren Entsorgung radioaktiver Abfälle in Tongesteinen befassen.

Ziel des Clay Clubs ist es, den internationalen Stand der Wissenschaft in der Tongesteinsforschung zu verfolgen, den Kenntnisstand der sicherheitsrelevanten Prozesse und Parameter von Tongesteinen zu diskutieren, allfällige Lücken zu erkennen und mit gemeinsamen Projekten zu schliessen. Die Arbeiten des Clay Clubs umfassten im Berichtsjahr 2012 zwei Schwerpunkte: Einerseits wurden die Beiträge der im September 2011 vom Clay Club in Karlsruhe (Deutschland) durchgeführten internationalen Fachtagung «Imaging and Nano Scale Characterisation of Clays» in einem Tagungsbe-

richt zusammengestellt. Er gibt einen umfassenden Überblick über den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik auf diesem Gebiet und wird 2013 veröffentlicht. Andererseits wurde ein neues Projekt mit dem Titel «Argillaceous Media Database Compilation» gestartet. Es beschäftigt sich mit den für die Sicherheitsbeurteilung von geologischen Tiefenlagern in Tongesteinen massgebenden geologischen, hydrogeologischen, mineralogischen, geophysikalischen, geochemischen und felsmechanischen Daten. Diese sollen in einem Bericht zusammengestellt werden. Berücksichtigt werden nur diejenigen Tongesteinsformationen, die heute als Wirtgesteine für geologische Tiefenlager vorgesehen sind und mit den aktuellsten Methoden umfassend charakterisiert wurden. Es sind dies der Callovo-Oxfordian-Ton (Frankreich), der Boom-Clay und der Ypresian-Clay (Belgien), der Queenstone Shale und die Georgian Bay Formation (Kanada) sowie der Opalinuston (Schweiz). Einbezogen werden auch alle Tongesteinsformationen, in denen Felslabors errichtet wurden (HADES, Bure, Tournemire und Mont Terri). Ein spezielles Kapitel wird den Stellenwert der Geologie und der sicherheitsrelevanten Eigenschaften der Tongesteine für den Sicherheitsnachweis darlegen. Die Nuclear Waste Management Organisation NWMO in Kanada koordiniert das Projekt. Die Mitarbeit im Clay Club und in der IGSC ermöglicht den Zugang zu wichtigen internationalen Informationsplattformen. Im Zentrum steht dabei der Wissenstransfer bezüglich dem Sicherheitsnachweis für ein geologisches Tiefenlager und der Tongesteinsforschung. Vertretungen der Hochschulen, der Industrie, der Fachbehörden sowie der Endlagerprojektanden bringen dazu ihr Wissen ein.

10. Anlagenübergreifende Themen

10.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management

10.1.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen

Mit der Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) wird u.a. das Risiko abgeschätzt, dass ein schwerer Unfall in einem Kernkraftwerk auftritt. Als schwerer Unfall wird ein Störfall bezeichnet, bei dem der Reaktorkern nicht mehr gekühlt werden kann und in der Folge zu schmelzen beginnt.

Eine PSA kann in drei Stufen unterteilt werden: Ausgehend von einem breiten Spektrum von auslösenden Ereignissen werden in der Stufe-1-PSA alle möglichen Unfallsequenzen bis zum Kernschaden (Kernschmelze) betrachtet. Die auslösenden Ereignisse umfassen sowohl anlageninterne Störfälle, wie z. B. Brände, Brüche von Kühlmittel führenden Leitungen oder Ausfälle der Wärmeabfuhr, als auch Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage, wie Erdbeben, unfallbedingter Flugzeugabsturz oder Überflutungen. Die auf den Ergebnissen der Stufe-1-PSA aufbauende Stufe-2-PSA umfasst die Analyse des weiteren Verlaufs eines Kernschadens bis zu einer eventuellen Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt. Mit der Stufe-3-PSA wird schliesslich der Schaden in der Umgebung des Kraftwerks analysiert.

Basierend auf Art. 41 der Kernenergieverordnung verlangt das ENSI für alle schweizerischen Kernkraftwerke PSA-Studien der Stufen 1 und 2. Die Anforderungen an die Erstellung und Anwendung einer PSA sind in den Richtlinien ENSI-A05 (Qualität und Umfang) und HSK-A06 (Anwendungen) festgehalten. Jeder Betreiber hat eine anlagenspezifische PSA entwickelt und aktualisiert diese regelmässig.

Im Jahr 2012 wurden im Wesentlichen folgende Arbeiten im Bereich PSA durchgeführt:

- Das KKB arbeitete schwerpunktmässig an der Nachführung der Beznau-PSA im Hinblick auf die nächste Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ). Aufgrund der Ereignisse in Fukushima hat das KKB ein Konzept zur Beherrschung eines TSBO (Total Station-Blackout, Ausfall der gesamten Wechselstromversorgung) im KKB nach einem Starkerdbeben erstellt. Als Folge dieser

Untersuchungen wurden entsprechende Accident Management-Massnahmen und -Hilfsmittel überarbeitet und erweitert, was eine Senkung des Risikos bewirkt. Das KKB wird Ende 2013 eine überarbeitete PSA einreichen.

- Im Rahmen der Stellungnahme zur periodischen Sicherheitsüberprüfung des KKG veröffentlichte das ENSI seine Überprüfungsergebnisse zur PSA des KKG. Die Überprüfung ergab eine Reihe von Verbesserungspunkten, zu denen das ENSI entsprechende Forderungen erhob. Um die PSA zeitnah in den wichtigsten Punkten zu verbessern, hat das ENSI mittels Zwischenstellungen vorab einige Anpassungen an den PSA-Modellen für den Leistungsbetrieb und den Stillstand gefordert. Die Unterlagen zu den geforderten Zwischenaktualisierungen wurden von KKG termingerecht eingereicht. Durch diese Anpassungen haben sich die Kennwerte der PSA erhöht. Die CDF (Core Damage Frequency) beträgt nun rund $3,4 \cdot 10^{-6}$ pro Jahr. Damit liegt die CDF weiterhin deutlich unter der in der Kernenergieverordnung vorgegebenen Obergrenze für neue Kernkraftwerke.

- Das KKL hat im Berichtsjahr ein überarbeitetes PSA-Modell fertig gestellt und Unterlagen zur Schliessung von fünf offenen Geschäften aus der ENSI-Stellungnahme zur letzten periodischen Sicherheitsüberprüfung dem ENSI eingereicht. Das neue KKL-PSA-Modell wurde so gestaltet, dass es in Zukunft einfacher möglich sein wird, Erkenntnisse aus der PSA für die deterministische Störfallanalyse zu nutzen oder Verfahrensvorschriften, Testintervalle oder Testvorschriften aus Sicht der PSA zu bewerten. Das neue PSA-Modell basiert auf aktualisierten Zuverlässigkeitsdaten. Ferner beinhaltet es eine Verfeinerung der Modellierung der Sekundäranlage (wie zum Beispiel das Abgassystem, das Hauptkondensatsystem und die Turbinenventile) sowie eine Überarbeitung der Erdbebenaanalyse. Arbeiten zur Erweiterung der Stufe-2-PSA für die Bewertung des Stillstandsbetriebs sind noch im Gang. Die neue CDF des KKL beträgt $3,1 \cdot 10^{-6}$ pro Jahr und ist damit etwas tiefer als in der vorangegangenen Analyse.

■ Das KKM überarbeitete im Laufe des Berichtsjahres das Stufe-1-PSA-Modell für Vollast und reichte es dem ENSI ein. Dieses Modell berücksichtigt nunmehr neue Erkenntnisse bezüglich Erdbeben, externen und internen Überflutungen sowie die wichtigsten in der Zeit seit Einreichen der letzten PSA getätigten Nachrüstungen (Installation eines zusätzlichen, luftgekühlten Notstromaggregats, Installation von Ansaugstutzen für den SUSAN-Kühlwassereinlauf, Verbesserung der Leckageabspermmöglichkeiten bei internen Überflutungen). Es stellt aus Sicht des ENSI eine deutliche Verbesserung der PSA dar und ist geeignet, um aussagekräftige PSA-Kennwerte zu berechnen. Die ausgewiesene CDF beträgt $2,35 \cdot 10^{-5}$ pro Jahr und liegt damit in dem Bereich, in dem gemäss Richtlinie HSK-A06 Massnahmen zur Reduktion des Risikos zu identifizieren und – sofern angemessen – umzusetzen sind. KKM hat zwischenzeitlich einen Konzeptantrag für das Nachrüstprojekt DIWANAS eingereicht. Damit kommt KKM bereits der genannte Anforderung der Richtlinie nach. Im Laufe des Berichtsjahres reichte das KKM umfangreiche Unterlagen ein. Dies betrifft folgende Bereiche:

- eine Überprüfung der Erfolgskriterien für den Stillstand und
- eine überarbeitete Stufe-2-Analyse für den Stillstand, die nunmehr das gesamte Spektrum auslösender Ereignisse umfasst.

Die oben genannten Analysen stellen aus Sicht des ENSI eine deutliche Verbesserung der PSA dar. Sie aktualisieren einen wichtigen Teil der Stillstandanalysen der PSA, die im Zusammenhang mit der Periodischen Sicherheitsüberprüfung Ende 2010 dem ENSI eingereicht wurde. Die Beurteilung der neuen KKM-PSA ist Gegenstand der ENSI-Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung.

Gemäss den per Ende 2012 vorliegenden Analysen der Schweizer Kernkraftwerke wird das von der IAEA für bestehende Anlagen empfohlene probabilistische Sicherheitsziel einer Kernschadenshäufigkeit von weniger als 10^{-4} pro Jahr von allen Anlagen eingehalten.

10.1.2 Risikotechnische Beurteilung der Betriebserfahrung

Die probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung eines Kernkraftwerks erfolgt auf zwei Arten: Einerseits durch eine zusammenfassende Bewer-

tung des gesamten Vorjahres (also 2011) und andererseits durch die risikotechnische Bewertung einzelner Vorkommnisse. Spezifische Anforderungen an die beiden Analysen (probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung eines Jahres bzw. eines Vorkommnisses) sind in der Richtlinie HSK A06 festgehalten. Im Folgenden wird auf die beiden Analysen eingegangen.

Alle Kernkraftwerksbetreiber reichten im Berichtsjahr eine probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung des Vorjahres ein. Bei diesem Bewertungsverfahren wird anhand des PSA-Modells der Einfluss von unvorhergesehenen Kraftwerksabschaltungen sowie von Komponentenunverfügbarkeiten infolge Instandsetzungen, Wartung oder Funktionstests auf das Risiko eines Kernschmelzunfalls ermittelt.

■ Das wartungsbedingte inkrementelle kumulative Risiko wie auch die wartungsbedingten Risikospitzen waren bei allen Werken kleiner als die Planungswerte gemäss Richtlinie HSK-A06. Zur risikotechnischen Optimierung des zeitlichen Ablaufs von Wartungen hat das KKB vor zwei Jahren eine interne Weisung eingeführt. Im Jahr 2011 wurde in einem Fall entgegen der Weisung zwei Ventilatoren aufgrund einer falschen Zuordnung von Instandhaltungsaufträgen gleichzeitig freigeschaltet. Das KKB wurde aufgefordert, konkrete Massnahmen zur besseren Umsetzung der Weisung zu treffen.

Seit 2009 werden meldepflichtige Vorkommnisse gemäss der Richtlinie ENSI-B03 in Ergänzung zur deterministischen Betrachtungsweise auch systematisch mit der PSA bewertet. Dazu wird die inkrementelle bedingte Kernschadenswahrscheinlichkeit eines Vorkommnisses ($ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$) gemäss Richtlinie HSK-A06 berechnet. Ein Vorkommnis wird anhand der $ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$ einer der Stufen 0 bis 3 der internationalen Bewertungsskala für nukleare Ereignisse (INES) zugeordnet.

Im Jahr 2012 ergab sich beim KKB-2 ein Startversagen beim monatlichen Probelauf des Notstanddiesels 29XMA 3000 am 10. Mai 2012. Gemäss INES User's Manual (IAEA, Wien 2008) ergibt sich eine Einordnung auf der Stufe 0. Aufgrund der nationalen Kriterien in der Richtlinie HSK-A06 (bzw. ENSI-B03) wird das Vorkommnis jedoch aufgrund der Risikoerhöhung ($ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$ zwischen 10^{-4} und 10^{-6}) hochgestuft und der Stufe 1 zugeordnet. Alle weiteren von den Kernkraftwerksbetreibern im Jahr 2012 mit der PSA bewerteten Vorkommnisse waren risikotechnisch unbedeutend, d. h. als INES-Stufe 0 beurteilt ($ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$ mindestens 10^{-8} , jedoch kleiner als 10^{-6}) oder es erfolgte keine Ein-

stufung auf der INES ($ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$ kleiner als 10^{-8}) aufgrund der Risikobewertung.

10.1.3 ADAM-System

Dem ENSI werden auf einem eigenen Übermittlungsnetz im Zweiminutentakt von jedem Schweizer Kernkraftwerk bis zu 27 relevante Anlagenparameter (ANPA) zugestellt. Im ENSI werden die ANPA-Werte vom ADAM-System («Accident Diagnostics, Analysis and Management») verarbeitet. ADAM besteht aus vier Modulen mit folgenden Funktionen:

- **PI-Modul:** Das PI-Modul unterstützt den Piketteningenieur (PI) des ENSI im Einsatzfall. Es bereitet die ANPA-Werte grafisch so auf, dass sich der PI bei einem Störfall rasch über dessen Ablauf und Ausmass ins Bild setzen kann.
- **Diagnosemodul:** Das Diagnosemodul interpretiert die ANPA-Werte und liefert Hinweise zu möglichen Ursachen eines Störfalls und zum Zustand wichtiger Anlagenteile.
- **Simulationsmodul:** Mit dem Simulationsmodul kann eine Vielzahl von Unfallabläufen simuliert und untersucht werden. Mit dem Modul kann auch der Eintrittszeitpunkt bestimmter kritischer Ereignisse (Kernschaden, RDB-Versagen, etc.) abgeschätzt werden.
- **STEP-Modul:** Die Abkürzung STEP steht für «Source Term Program». Das Modul verwendet ANPA-Werte und Benutzereingaben, um Quellterme (Menge und Zeitverlauf der Freisetzung radioaktiver Stoffe) bei einem schweren Unfall abzuschätzen. Dieser Quellterm wiederum kann für Ausbreitungsrechnungen verwendet werden.

Um die Benutzer- und Wartungsfreundlichkeit zu erhöhen und die Kompatibilität mit dem neuen Betriebssystem zu gewährleisten, wurde ADAM überarbeitet. Die Überarbeitung des ADAM-Systems ist entwicklerseitig fast abgeschlossen. Neue ADAM-Versionen werden vom ENSI jeweils nochmals unabhängig überprüft. Das bisherige ADAM-System stand der Notfallorganisation im Berichtsjahr uneingeschränkt zur Verfügung.

10.2 Erdbebengefährdungsanalyse

Für den sicheren Betrieb der Schweizer Kernkraftwerke sind fundierte Kenntnisse der Erdbebensicherheit wichtig. Bereits beim Bau der heute bestehenden Kernkraftwerke wurde der Erdbebensicherheit grosse Aufmerksamkeit geschenkt. Für

Kernanlagen gelten weitaus strengere Bestimmungen als für Normalbauten. Der Stand von Wissenschaft und Technik wurde und wird vom ENSI laufend verfolgt. Neue Erkenntnisse führten in der Vergangenheit bereits zu Weiterentwicklungen der Erdbebenanalysen und zu Ertüchtigungen in den Kernanlagen.

Als weiteren Schritt dieser fortwährenden Entwicklung verlangte das ENSI im Jahre 1999 von den Kernkraftwerksbetreibern, die Erdbebengefährdung nach dem fortschrittlichsten Stand der methodischen Grundlagen neu zu bestimmen und dabei insbesondere die Unschärfe der Rechenergebnisse umfassend zu quantifizieren. Zur Umsetzung der Forderung des ENSI gaben die Kernkraftwerksbetreiber das Projekt PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz) in Auftrag. In Anlehnung an eine in den USA neu entwickelte Methode wurde in diesem Projekt die Erdbebengefährdung unter umfassender Berücksichtigung des Kenntnisstandes der internationalen Fachwelt berechnet. Dazu wurden Fachleute von erdwissenschaftlichen und unabhängigen fachtechnischen Organisationen aus dem In- und Ausland beigezogen. Mit dem Projekt PEGASOS hat die Schweiz Neuland betreten. Es ist die erste und bisher einzige Studie dieser Art in Europa.

Das Projekt wurde vom ENSI von Anfang an mit einem Expertenteam überprüft. Das ENSI kam zum Schluss, dass mit dem Projekt PEGASOS die methodischen Vorgaben erfüllt wurden und dass hinsichtlich verschiedener Aspekte (Qualitätssicherung, Erweiterung der Methode auf die Charakterisierung der Standorteinflüsse) sogar ein neuer Stand der Technik erzielt wurde. Doch stellte das ENSI auch fest, dass die in den PEGASOS-Ergebnissen ausgewiesene Bandbreite der Unsicherheiten recht gross ist und durch weitere Untersuchungen verkleinert werden könnte.

Mit dem Ziel, die Unschärfe der PEGASOS-Ergebnisse zu reduzieren, starteten die Kernkraftwerksbetreiber im Jahr 2008 das von der swissnuclear geleitete «PEGASOS Refinement Project» (PRP). Mitte 2009 wurde das PRP auf die damals neu vorgesehenen Kernkraftwerkstandorte erweitert. Die Hauptthemenkreise des Projekts sind wie bereits bei PEGASOS die Charakterisierung der Erdbebenherde, der Erdbebenfortpflanzung und der lokalen Effekte an den Standorten der Kernkraftwerke. Das PRP berücksichtigt die seit dem Abschluss von PEGASOS neu vorliegenden Erkenntnisse aus der Erdbebenforschung und die Resultate aus den

neuen Messungen der seismologischen Bodenkennwerte an den Kernkraftwerkstandorten. Vor dem Hintergrund, dass für starke Erdbeben in der Schweiz Beschleunigungsmessdaten fehlen und somit empirische Erdbebenfortflanzungs- bzw. -abminderungsbeziehungen nur begrenzt ableitbar sind, gewann die Frage der Übertragung von international für spezifische Regionen entwickelten Abminderungsbeziehungen auf die Schweiz im Projektverlauf zunehmend an Bedeutung. Die Arbeiten dazu haben Forschungscharakter und führten im Jahr 2012 mit zum Entschluss, den Projektabschluss um sechs Monate auf Mitte 2013 zu verschieben.

10.3 Aktionsplan und Umsetzung

Im Jahr 2012 hat das ENSI die umfangreichen Massnahmen fortgesetzt, die es aufgrund des schweren Unfalls im Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi vom 11. März 2011 getroffen hat. Diese werden im Rahmen eines nationalen Aktionsplans koordiniert, der auf der ENSI-Website verfügbar ist:

- Aktionsplan Fukushima 2012, ENSI-AN-7844 (28. Februar 2012)

Aufgrund der sicherheitstechnischen Bedeutung sowie der Synergien mit laufenden Projekten wurden für das Jahr 2012 elf Schwerpunkte gesetzt, auf die im Folgenden aus übergeordneter Sicht kurz eingegangen wird. Werksspezifische Angaben sind in den Kapiteln 1.3.4, 2.3.4, 3.3.4 und 4.3.4 zu finden.

10.3.1 Erdbeben

Die Schweizer Kernkraftwerke haben dem ENSI fristgerecht per Ende März 2012 die in der Verfügung vom 1. April 2011 geforderten Nachweise zur Beherrschung eines 10 000-jährlichen Erdbebens sowie der Kombination von Erdbeben und Hochwasser eingereicht. Bereits vorgängig wurden die Erdbebenfestigkeiten (Fragilities) für alle relevanten Bauwerke, Systeme und Komponenten ermittelt. Im deterministischen Nachweis haben die Werke dargelegt, dass die Störfälle unter Einhaltung der vom ENSI vorgegebenen Randbedingungen beherrscht werden und der nach Strahlenschutzverordnung (SR 814.501) zulässige Grenzwert von 100 mSv unterschritten wird. Aufgrund der Prüfung der eingereichten Dokumentation kam das ENSI zum Schluss, dass die Kernkühlung und die Kühlung des Brennelementlagerbeckens unter Einwirkung eines 10 000-jährlichen Erdbe-

bens und der Kombination von Erdbeben und erdbebenbedingtem Hochwasser einzelfehlersicher gewährleistet sind. Die Dosislimite von 100 mSv wird bei diesen Störfällen eingehalten. Das Kriterium gemäss Art. 3 der «Ausserbetriebnahmeverordnung» (SR 732.114.5) wird nicht erreicht. In den ENSI-Stellungnahmen zu den erbrachten Erdbebennachweisen wurden Nachforderungen gestellt, die in der Regel einzelne Komponenten der Kernanlagen betreffen, deren Analysen noch zu vertiefen sind oder deren Erdbebenverhalten durch kleinere bauliche Anpassungen verbessert werden kann. Alle Nachforderungen wurden in einzelne Folgegeschäfte der ordentlichen Aufsicht überführt und werden in diesem Rahmen weiter bearbeitet.

10.3.2 Überflutung

Mit Verfügung vom 1. April 2011 hatte das ENSI von allen schweizerischen Kernkraftwerken gefordert, den deterministischen Nachweis der Beherrschung des 10 000-jährlichen Hochwassers zu erbringen. Die entsprechenden Nachweise wurden dem ENSI eingereicht. Das ENSI kam in seinen Stellungnahmen zum Schluss, dass alle Anlagen in einen sicheren Zustand überführt werden können, auch wenn gleichzeitig die externe Stromversorgung ausfällt. Die geltenden Grenzwerte werden von allen Anlagen eingehalten. Im Zusammenhang mit den Untersuchungen zum erdbebenbedingten Hochwasser erhob das ENSI im Jahr 2012 neue Forderungen, die das Gesamtergebnis der Überprüfung jedoch nicht in Frage stellen.

Aus Sicht des ENSI wurde im internationalen Vergleich bereits ein hoher Stand der Technik bei der Analyse der Hochwassergefährdung der schweizerischen Kernkraftwerke erreicht. Weitere Verfeinerungen dieser Analysen sind möglich, sollten aber durch Forschungsergebnisse unterstützt werden. Dies betrifft insbesondere die Auswertung historischer Hochwasser und die erweiterte Anwendung von gekoppelten hydraulischen-sedimentologischen 2-D-Rechnungen für spezifische Szenarien. Ferner setzt sich das ENSI dafür ein, mit anderen Bundesbehörden ein Forschungsprojekt zur Hochwassergefährdung des Aare-Einzugsgebiets zu starten, bei dem die Ergebnisse der Entwicklungsarbeiten einfließen sollen.

10.3.3 Extreme Wetterbedingungen

Das ENSI hat am 4. Juli 2012 die Anforderungen an die probabilistischen Gefährdungsanalysen und an

die Nachweise des ausreichenden Schutzes der Anlage gegen extreme Wetterbedingungen präzisiert. Für die Gefährdungen durch extreme Winde, Tornados, extreme Luft- und Flusswassertemperaturen, Starkregen auf dem Anlagenareal und Schneehöhen sind quantitative Analysen durchzuführen.

Folgende Gefährdungen können qualitativ behandelt werden, sofern die Auswirkungen auf die Anlage nicht zu einer Anforderung von Sicherheitssystemen führen: Hagel, vereisender Regen, Trockenheit (d. h. niedrige Fluss- und Grundwasserpegel), Waldbrand, Vereisung hervorgerufen durch niedrige Aussen- bzw. Flusswassertemperaturen und Kombinationen von

- ausserordentlich rauen Winterbedingungen mit Schnee(verwehungen), niedrigen Temperaturen und Vereisung sowie
- ausgeprägt harten Sommerbedingungen mit hohen Temperaturen, Trockenheit, Waldbrand und niedrigen Fluss- oder Grundwasserspiegeln.

Das Konzept zum Nachweis des ausreichenden Schutzes gegen extreme Wetterbedingungen wurde von den Betreibern Ende 2012 termingerecht eingereicht. Den Betreibern wurde aufgrund der grossen Anzahl von Analysen ein Jahr mehr Zeit eingeräumt als im Aktionsplan 2012 vorgesehen.

10.3.4 Lang andauernder Verlust der Stromversorgung

Zur Überprüfung der Vorsorgemassnahmen für die Beherrschung eines lang andauernden Ausfalls der Wechselstromversorgung (Station Blackout, SBO) führte das ENSI im 4. Quartal 2012 Teaminspektionen in allen Werken durch. Überprüft wurden die Strategien zur Beherrschung des auslegungsüberschreitenden Störfalls SBO, die zur Störfallbeherrschung verfügbaren Accident-Management-Mittel, die Anschlussstellen für die notfallmässige Einspeisung von Kühlwasser und elektrischer Energie sowie die Notfallvorschriften bezüglich SBO. Nach Fachgesprächen zu den werkspezifischen Strategien und den Zeit- und Ressourcenverhältnissen wurden im Rahmen einer Anlagenbegehung die Einsatzmittel wie Accident-Management-Notstromaggregate, Pumpen, Tanklöschfahrzeuge oder Motorspritzen sowie deren Lager- und Einsatzorte begutachtet. Auch das Vorhandensein und die Zugänglichkeit von Einspeise- und Anschlussstellen unter SBO-Bedingungen wurden kontrolliert. Zum Inspektionsumfang gehörte weiter die Überprüfung der Betriebsmitteln wie Diesel-

kraftstoff und Schmieröl, um einen Betrieb von Accident-Management-Aggregaten während sieben Tagen gewährleisten zu können, sowie weiteren Hilfsmitteln wie Kabel, Stecker und Transportmöglichkeiten für Aggregate und Tanks für das lokale Nachtanken.

Die Inspektionen haben gezeigt, dass die Werke die bestehenden Strategien gezielt weiter entwickelt haben und dass ausreichende Mittel für das Accident Management vorhanden sind, um Kernschäden nach einem SBO zu verhindern. Die Auswertung der Inspektionen war Ende 2012 noch nicht abgeschlossen.

10.3.5 Verlust der letzten Wärmesenke

Da mit Ausnahme des KKM alle Schweizer Kernkraftwerke über eine diversitäre Wärmesenke verfügen, sind die das KKM betreffenden Massnahmen im Kapitel 2.3.4 dargestellt.

10.3.6 Containment-Druckentlastung und Wasserstoffmanagement

Die Vorsorge gegen die Gefährdung durch Wasserstoff wurde bei den Schweizer Kernkraftwerken frühzeitig in der Auslegung berücksichtigt. Aufgrund der Ereignisse in Fukushima werden verschiedene Aspekte dieser Vorsorge erneut überprüft. Die Arbeiten im Jahr 2012 betrafen die Untersuchungen zur Vorsorge gegen die Wasserstoffgefährdung im Bereich der Brennelement-Lagerbecken, die Erdbebenfestigkeit der Containment-Druckentlastungssysteme und die Folgeaktivitäten aus den Inspektionen zum Thema Containment-Druckentlastung.

Die Betreiber haben die Untersuchungen zum Schutz vor Wasserstoffgefährdungen im Bereich der Brennelement-Lagerbecken eingereicht. Das ENSI ist aufgrund der Prüfung der eingereichten Unterlagen zu dem Schluss gekommen, dass die durch Radiolyse produzierten Mengen an Wasserstoff nicht ausreichend sind, um ein zündfähiges Gemisch im Bereich der Brennelement-Lagerbecken zu generieren. Ferner zeigen die Untersuchungen, dass bei einem 10 000-jährlichen Erdbeben/Hochwasser, überlagert mit dem Ausfall der Notstromversorgung, bei allen Anlagen mindestens drei Tage für die Einleitung entsprechender Massnahmen zur Verfügung stehen. Aus Sicht des ENSI hat die Prävention gegenüber der Mitigation Vorrang, weshalb das ENSI werkspezifisch zusätzliche Forderungen zur Überwachung

des Brennelementbeckens, Ertüchtigung der Systeme zur Brennelementbeckenkühlung und Erweiterung der entsprechenden anlageninternen Notfallmassnahmen verfügte. Dadurch wird das Risiko eines schweren Unfalls im Bereich des Brennelementbeckens weiter reduziert.

10.3.7 Notfallmanagement auf schweizerischer Ebene

Am 4. Juli 2012 nahm der Bundesrat den Bericht der interdepartementalen Arbeitsgruppe zur Überprüfung der Notfallschutzmassnahmen bei Extremereignissen in der Schweiz (IDA NOMEX) zur Kenntnis und beauftragte verschiedene Bundesstellen mit der Erarbeitung organisatorischer und gesetzgeberischer Massnahmen. Das ENSI erstellte 2012 zusammen mit Vertretern von BAG, Suva und GSKL einen Bericht über die bestehende Situation betreffend Betreuung und Behandlung stark verstrahlter Personen und die Vereinbarungen mit den Werken und schlug konkrete Lösungsvarianten vor.

In Zusammenarbeit mit Bundesstellen und den Kraftwerksbetreibern wurde der aktuelle Stand der Mess- und Prognosesysteme bewertet. Anhand der Analyse und den Lehren aus Fukushima wurden die Anforderungen an solche Systeme neu festgelegt.

Der Abschluss der Überprüfung der Referenzszenarien und deren Annahmen für den Notfallschutz hat sich aufgrund der umfangreichen, von den Betreibern Ende September 2012 eingereichten Unterlagen verzögert. Diese Aufgabe wird in einem Projekt, zusammen mit der Überprüfung des Zonenkonzepts in der Umgebung der Kernkraftwerke, zusammen mit Kantonen und Bundesstellen durchgeführt.

Das ENSI inspizierte im November und Dezember 2012 die Notfall- und Ersatznotfallräume an den Kernkraftwerks-Standorten. Die Auswertung dieser Inspektionen war Ende 2012 noch im Gang. In diesem Zusammenhang werden auch menschliche und organisatorische Aspekte des Notfallmanagements behandelt.

10.3.8 Sicherheitskultur

Der Unfall in Fukushima kann die Sicherheitskultur der Schweizer Kernkraftwerke zweifach beeinflussen: Einerseits gilt es zu prüfen, inwiefern Erkenntnisse über Sicherheitskulturaspekte aus Fukushima auf die Schweizer Kernkraftwerke übertragbar sind. Andererseits ist zu prüfen, welchen Einfluss

die politischen Konsequenzen des Unfalls in der Schweiz, namentlich der beschlossene Ausstieg aus der Kernenergie, auf die Sicherheitskultur der Schweizer Anlagen haben. Über diese Fragen nachzudenken und bei Bedarf konkrete Massnahmen zu treffen ist die Verantwortung der Betreiber der Schweizer Kernkraftwerke. Das ENSI versicherte sich im Jahre 2012, dass die Betreiber diese Verantwortung tatsächlich wahrnehmen. Dies erfolgte im Rahmen der Fachgespräche zur Sicherheitskultur mit dem Ziel, die Selbstreflexion der Betreiber über die eigene Sicherheitskultur zu fördern. In allen Kernkraftwerken wurden zwischen Juli und Dezember 2012 solche Fachgespräche durchgeführt.

Wie der Unfall in Fukushima gezeigt hat, wird die Sicherheitskultur einer Betreiberorganisation auch von der Sicherheitskultur der Aufsichtsbehörde, der Aufsichtskultur, massgeblich beeinflusst. Im Rahmen eines mehrjährigen Projekts setzt sich das ENSI mit seiner Aufsichtskultur intensiv auseinander.

10.3.9 Erfahrungsrückfluss

Im 4. Quartal 2012 führte das ENSI in allen Kernkraftwerken Schwerpunktspektionen zu den Prozessen und Vorgabedokumenten zur Auswertung externer Vorkommnisse durch. Das ENSI beurteilte die in den Kernkraftwerken vorhandenen Vorgaben als geeignet. Ebenso ist in allen Werken festgelegt, wie aus externen Vorkommnissen Massnahmen abzuleiten umzusetzen sind. Ein Teil dieser Vorgaben liegt erst als Entwürfe vor. Dass dies einen Verbesserungsbedarf darstellt, wurde von den Werken bereits erkannt. Die definitiven Dokumente sind dem ENSI noch einzureichen und werden von diesem überprüft.

10.3.10 Internationale Aufsicht und Kooperation

International harmonisierte Bewertungsmaassstäbe

Die internationale Behördenzusammenarbeit für die Sicherheit der Kerntechnik dient der Weiterentwicklung und Harmonisierung der Sicherheitsvorgaben. Dazu gehören die Safety Standards der Internationalen Atomenergieagentur IAEA und die Safety Reference Levels der Western European Nuclear Regulators' Association WENRA. Der Direktor des ENSI ist seit Ende 2011 Präsident der WENRA. Das ENSI nutzt dies, um die Entwicklung harmonisierter Safety Reference Levels für alle Bereiche der

Kernenergie und deren Umsetzung in den europäischen Kernenergiestaaten weiter voranzutreiben. Die Betreiber der Schweizer Kernkraftwerke waren mit Verfügung des ENSI vom 1. Juni 2011 aufgefordert worden, sich am EU-Stresstest zu beteiligen. Dieser wurde in der Schweiz in derselben Weise durchgeführt wie in den EU-Ländern mit Kernkraftwerken. Das ENSI beteiligte sich ebenso an dem bis April 2012 durchgeführten Peer-Review-Prozess, bei dem internationale Teams sowohl die Länderberichte als Ganzes als auch themenweise nach einheitlichen Kriterien bewerteten. Auf der technischen Ebene hat sich die WENRA unmittelbar nach dem Erscheinen des Peer-Review Hauptberichts das Ziel gesetzt, die wichtigen Erkenntnisse aus dem EU-Stresstest zu übernehmen. Die Vereinigung der Aufsichtsbehörden der EU-Mitgliedsländer, die European Nuclear Safety Regulators' Group ENSREG, hat für die Folgemaassnahmen einen Aktionsplan verabschiedet.

Die Schweiz arbeitet laufend in den Safety Standards Groups der IAEA mit. Zudem hat die Schweiz an der IAEA General Conference im September 2012 und an der Ministerialkonferenz zur nuklearen Sicherheit in Fukushima im Dezember 2012 teilgenommen. Diese Veranstaltungen sollen als Teil des IAEA Action Plan zur Stärkung des internationalen nuklearen Sicherheitsregimes beitragen.

Internationale Reviews und Transparenz von Aufsicht und Betreibern

In der Schweiz hatte im November 2011 eine zweiwöchige IRRS-Mission mit einem Team von 24 Experten aus 14 Nationen stattgefunden. Die Internationale Atomenergieagentur IAEA schloss den Schlussbericht der Überprüfungsmission des Integrated Regulatory Review Service IRRS im Mai 2012 ab. Darin sind 19 «Good Practices», 12 Empfehlungen und 18 Anregungen enthalten. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI hat bis Ende 2012 für die Verbesserungsvorschläge einen Massnahmenplan im Hinblick auf die IRRS-Folgemission erarbeitet.

Convention on Nuclear Safety

Im August 2012 fand eine ausserordentliche Konferenz zur Convention on Nuclear Safety CNS statt. Die Schweiz hat dafür im Mai 2012 fristgerecht ihren Länderbericht eingereicht; dieser wurde zudem auf der Website des ENSI veröffentlicht:

- Implementation of the Obligations of the Convention on Nuclear Safety, National Report of Switzerland for the Second Extraordinary Meeting

in Accordance with Article 5 of the Convention (May 2012)

Im Vorfeld der ausserordentlichen Konferenz haben elf Staaten, darunter die Schweiz, Änderungsvorschläge für die sogenannten Guidance Documents zur CNS eingereicht und im Rahmen von zwei Consultancy Meetings im Juni und Juli 2012 gemeinsame Änderungsvorschläge erarbeitet. Die meisten Vorschläge, auch die von der Schweiz gewünschten Verbesserungen, wurden zumindest in ihrem Grundgehalt bei der Konferenz akzeptiert. Sie bringen praktische Verbesserungen beim Inhalt der Berichte und bei deren Diskussion während den Konferenzen, aber keine substantiellen, verbindlichen Änderungen des internationalen Sicherheitsregimes.

Die Schweiz hat Anträge zur Änderung der Konvention eingebracht. Sie wollte dabei insbesondere die Verbindlichkeit internationaler Peer Reviews, die Durchführung von periodischen Sicherheitsüberprüfungen und Verbesserungen der Transparenz erreichen. Die Vorschläge zur Konvention waren in dieser Form leider nicht konsensfähig. Die Vertragspartner einigten sich stattdessen darauf, eine Arbeitsgruppe (Effectiveness and Transparency Working Group) einzusetzen. Diese soll bis zum nächsten regulären Review Meeting im Jahre 2014 versuchen, breit abgestützte Vorschläge zur Verbesserung der CNS und ihrer Prozesse zu erarbeiten.

10.3.11 Externes Lager Reitnau

Bereits am 1. Juni 2011 war das vom ENSI im März 2011 von allen Betreibern schweizerischer Kernkraftwerke geforderte Lager für Severe-Accident-Management-Ausrüstungen als zentrales Lager im aargauischen Reitnau in Betrieb genommen worden. Am 20. Januar 2012 stellte die Betreiber-gesellschaft des Lagers dem ENSI das Konzept zum externen Lager der Schweizer Kernkraftwerke fristgerecht zu. Das ENSI beurteilte die neue Einrichtung als zur Lagerung von Geräten und Hilfsstoffen im Rahmen eines erweiterten Notfallschutzes der schweizerischen Kernkraftwerke bei schweren Unfällen tauglich. Das ENSI bemängelte lediglich die drahtgebundene Kommunikation über einen zwar erdverlegten, aber nicht redundanten Kabelweg, da im Anforderungsfall das Mobilfunknetz wegen Überlastung oder Ausfall möglicherweise nicht zur Verfügung steht.

Am 27. September 2012 zeigte eine Inspektion der Lagerhaltung in Reitnau, dass die in der Inventarliste angegebenen Accident-Management-

Ausrüstungen in gewartetem und einsatzbereitem Zustand vollständig vorhanden waren. Die drei unterirdischen Lagergebäude befanden sich in einem sauberen, trockenen und aufgeräumten Zustand. Sowohl die Laderampen wie auch die Transportflächen waren für einen Abtransport per LKW oder per Helikopter zu jeder Tages- und Nachtzeit bereit. Der im Konzept vom 20. Januar 2012 genannte

stufenweise Einsatz von Accident-Management-Mitteln entspricht weitgehend den Erwartungen des ENSI. Die zum Einsatz der in Reitnau gelagerten Geräte und Hilfsstoffe erforderlichen Abläufe werden Schritt für Schritt in die Notfallvorschriften der Kernkraftwerke aufgenommen und sollen in Notfallübungen überprüft werden.

Anhang

Sicherheitsbewertung		111
Abbildung 1	ENSI-Sicherheitsbewertungs-Skala	114
Abbildung 2	Definition der ENSI-Kategorien G, N, V und A	116
Tabelle 1	Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2012	117
Tabelle 2	Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2012	117
Tabelle 3	Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2012	117
Tabelle 4	Meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2012	118
Tabelle 5	Kollektivdosen in den schweizerischen KKW im Berichtsjahr	118
Tabelle 6a	Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2012 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	119
Tabelle 6b	Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2012 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	120
Tabelle 6c	Fussnoten	121
Tabelle 7	Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten	122
Tabelle 8	Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI per 31.12.2012	123
Tabelle 9	Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG per 31.12.2012	123
Tabelle 10	Richtlinien des ENSI	124
Figur 1	Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 2003–2012	126
Figur 2	Vorkommnisse 2003–2012	127
Figur 3	Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 2003–2012	128
Figur 4	Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 2003–2012	129
Figur 5	Jahreskollektivdosen (Personen-mSv/Jahr) der Kernanlagen, 1980–2012	130
Figur 6	Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW	130
Figur 7a	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	131
Figur 7b	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	131
Verzeichnis der Abkürzungen		132

Sicherheitsbewertung

Das ENSI wacht als unabhängige Aufsichtsbehörde darüber, dass die Betreiber von Kernanlagen ihre Verantwortung für die nukleare Sicherheit umfassend wahrnehmen. Das Ziel nuklearer Sicherheit ist es, Mensch und Umwelt vor schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung zu schützen. Zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit müssen die Betreiber von Kernanlagen eine umfassende Sicherheitsvorsorge treffen, die verschiedene Aspekte umfasst. Das ENSI beurteilt die von ihm beaufsichtigten Aspekte hinsichtlich ihrer Aufgabe innerhalb der Sicherheitsvorsorge. Bisher fließen die Inspektionstätigkeit, die Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse und auf der Basis der periodischen Berichterstattung ermittelte Sicherheitsindikatoren in der nachfolgend beschriebenen Weise in eine systematische Sicherheitsbewertung ein. Damit deckt das Bild, das sich aus der Sicherheitsbewertung ergibt, zurzeit vor allem betriebliche Aspekte ab. Weiter unten ist beschrieben, welche weiteren Datenquellen in Zukunft das Bild vervollständigen sollen.

Das ENSI ordnet alle in die Sicherheitsbewertung eingehenden Aspekte nach mehreren Kriterien: Es unterscheidet zwischen den in den Dokumenten eines Kernkraftwerks festgelegten Vorgaben und dem tatsächlichen Betriebsgeschehen. Da die nukleare Sicherheit sowohl von technischen als auch von menschlichen und organisatorischen Faktoren abhängt, macht das ENSI zudem sichtbar, ob sich eine Beurteilung auf die Technik bezieht oder auf Mensch und Organisation. Dies ergibt vier Bereiche, die systematisch zu beurteilen sind: **1. Auslegungs-Vorgaben**, **2. Betriebs-Vorgaben**, **3. Zustand und Verhalten der Anlage** sowie **4. Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation**.

Die Sicherheitsvorsorge der Kernkraftwerke lässt sich aus zwei alternativen Perspektiven betrachten, die im Folgenden dargestellt werden. Die eine Perspektive ist das **Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge**, das Sicherheitsebenen und Barrieren umfasst. Die andere Perspektive ist das **Konzept der Schutzziele**, denn der Zweck der Sicherheitsvorsorge ist letztlich die Einhaltung übergeordneter Schutzziele.

Zum Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge: Dieses besteht aus mehreren hintereinander gestaffelten Ebenen von Vorkehrungen, von denen jeweils die nächste dazu dient, Schwachstellen der davor

liegenden Ebenen aufzufangen. Zur **1. Ebene** gehören systematische Vorkehrungen zur Vermeidung von Abweichungen vom Normalbetrieb. Für den Fall, dass es dennoch zu Abweichungen kommt, umfasst die **2. Ebene** Vorkehrungen zur Beherrschung von Abweichungen vom Normalbetrieb mittels Begrenzungs- und Schutzsystemen und zur Entdeckung von Fehlern. Für Situationen, in denen diese nicht erfolgreich sind, werden auf einer **3. Ebene** Vorkehrungen zur Beherrschung von Auslegungsstörfällen getroffen. Für die seltenen Fälle, in denen diese nicht ausreichend wirksam sind, werden auf einer **4. Ebene** Vorkehrungen zur Beherrschung auslegungsüberschreitender Anlagenzustände getroffen. Die Sicherheitsebenen 1 bis 4 bilden die **anlageninterne** Sicherheitsvorsorge.

Schliesslich umfasst die gestaffelte Sicherheitsvorsorge für den noch unwahrscheinlicheren Fall, dass trotz aller Massnahmen auf den Ebenen 1 bis 4 grössere Mengen radioaktiver Stoffe freigesetzt werden sollten, auf einer **5. Ebene** Vorkehrungen zur Linderung der Auswirkungen. Die Sicherheitsebene 5 umfasst die **anlagenexterne** Sicherheitsvorsorge. Jede Ebene der gestaffelten Sicherheitsvorsorge dient dazu, vier grundlegende Schutzziele zu gewährleisten: Erstens ist beim Umgang mit Kernbrennstoffen jederzeit zu gewährleisten, dass die Reaktivität unter Kontrolle ist (Schutzziel **«Kontrolle der Reaktivität»**). Zweitens müssen Brennelemente jederzeit ausreichend gekühlt werden (Schutzziel **«Kühlung der Brennelemente»**). Drittens sind radioaktive Stoffe jederzeit sicher einzuschliessen (Schutzziel **«Einschluss radioaktiver Stoffe»**) und viertens ist die Strahlenexposition von Mensch und Umwelt jederzeit zu begrenzen (Schutzziel **«Begrenzung der Strahlenexposition»**). Die drei ersten Schutzziele dienen alle dazu, das vierte Schutzziel der Begrenzung der Strahlenexposition sicherzustellen. Massnahmen zur Gewährleistung der Schutzziele 3 und 4 werden auch als Strahlenschutz bezeichnet.

Für die Ebenen 1 bis 4 der gestaffelten Sicherheitsvorsorge – die anlageninterne Sicherheitsvorsorge – gilt, dass jede Sicherheitsebene für jedes Schutzziel Vorkehrungen umfasst. Somit werden für jedes Schutzziel Vorkehrungen auf jeder dieser Sicherheitsebenen getroffen. Einzig die Sicherheitsebene 5 – die anlagenexterne Sicherheitsvorsorge – dient ausschliesslich dem Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition», weil sie für den äusserst unwahrscheinlichen Fall da ist, dass die

anderen Schutzziele in einer Weise verletzt sind, die zur Freisetzung einer grösseren Menge radioaktiver Stoffe geführt hat oder führen kann.

Dem Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe» dienen in Kernkraftwerken drei hintereinander liegende Barrieren: Die Brennstoffmatrix und die Hüllrohre der **Brennelemente** bilden die erste, die Umschliessung des **Primärkreislaufs** die zweite und das **Containment** die dritte Barriere. Die Integrität dieser Barrieren wird in der systematischen Sicherheitsbewertung dargestellt.

Nicht alle beurteilten Aspekte lassen sich klar einer oder mehreren spezifischen Sicherheitsebenen zuordnen. Manche Aspekte sind potenziell für alle Sicherheitsebenen von Bedeutung und betreffen somit das Gesamtrisiko des Kernkraftwerks. Solche Aspekte werden als Aspekte **mit ebenen- oder barrierenübergreifender Bedeutung** bezeichnet. Ebenso lassen sich nicht alle Aspekte klar einem oder mehreren spezifischen Schutzziele zuordnen. Diese Aspekte werden als Aspekte **mit schutzzielübergreifender Bedeutung** bezeichnet.

Sämtliche Bewertungen, welche sich auf Aspekte der Sicherheitsvorsorge beziehen, finden sich sowohl in der Darstellung der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge als auch in der Darstellung der Schutzzielperspektive. Alle Bewertungen, die sich auf den Zustand oder das Verhalten der Anlage beziehen, werden hierbei als Aspekte der Sicherheitsvorsorge verstanden und erscheinen in beiden Darstellungen. Hingegen werden Bewertungen, die sich auf radiologische Auswirkungen beziehen, nur aus der Schutzzielperspektive sichtbar. Denn wenn zum Beispiel eine Person einer erhöhten Strahlendosis ausgesetzt wird, ist zwar das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition» betroffen, nicht aber die Sicherheitsvorsorge.

Für alle Bewertungen wird eine einheitliche Skala verwendet. Die Skala basiert auf der internationalen Ereignisskala (INES), ist aber nach unten – im Bereich «below scale» (INES 0) – erweitert. Dadurch deckt sie nicht nur Vorkommnisse ab, sondern auch den ungestörten Normalbetrieb und sogar Aspekte, die Vorbildcharakter für andere Anlagen haben (vgl. Abbildung 1). Die Skala umfasst folgende Kategorien: G (gute Praxis), N (Normalität), V (Verbesserungsbedarf), A (Abweichung), 1 (Anomalie), 2 (Zwischenfall) und so weiter gemäss INES.

Die Kriterien für die Zuordnung zu den Kategorien G, N, V und A sind in Abbildung 2 genannt. In den Kategorien G, N, V und A sind stets alle Schutzziele im gemäss den bewilligten Betriebsbedingungen

geforderten Mass erfüllt. Die Bewertungen der Kategorien 1 bis 7 basieren auf der Beurteilung von drei verschiedenen Kriterien: 1. auf den radioaktiven Abgaben an die Umwelt, 2. auf der Strahlenexposition des Personals und 3. (im Bereich der Kategorien 1 bis 3) auf der Wirksamkeit der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zur Verhinderung eines Kernschadens und zur Verhinderung eines Schadens an den radiologischen Barrieren sowie (im Bereich der Kategorien 4 bis 5) auf der Schwere eines Kernschadens oder Barrierschadens. Es zählt jeweils das Kriterium, das zur höchsten Einstufung führt. Eine Einstufung aufgrund radioaktiver Abgaben an die Umwelt bedeutet ab Kategorie 1, dass das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe» verletzt worden ist, wobei die freigesetzte Aktivität bis zur Kategorie 7 um mehrere Grössenordnungen zunimmt. Eine Einstufung aufgrund der Strahlenexposition des Personals bedeutet ab Kategorie 1, dass das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition» verletzt worden ist, wobei die Strahlendosis bis zur Kategorie 4 um mehrere Grössenordnungen zunimmt. Eine Einstufung aufgrund der Wirksamkeit der gestaffelten Sicherheitsvorsorge **kann** in den Kategorien 1 bis 3 bedeuten, dass die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität», «Kühlung der Brennelemente» oder «Einschluss radioaktiver Stoffe» nicht alle im gemäss den bewilligten Betriebsbedingungen geforderten Mass erfüllt sind. Es ist aber auch möglich, dass diese Schutzziele gerade noch erfüllt sind, aber zusätzliche Fehler zu einer Schutzzielverletzung führen würden. Eine Einstufung aufgrund der Schwere eines Kernschadens oder eines Barrierschadens bedeutet, dass Schutzziele verletzt worden sind.

Bei der Sicherheitsbewertung wird jeder beurteilte Aspekt sämtlichen Sicherheitsebenen, Barrieren und Schutzziele zugeordnet, für die er von Bedeutung ist. Dadurch erscheinen manche Aspekte auf mehreren Sicherheitsebenen oder bei mehreren Schutzziele. Ein Aspekt (zum Beispiel eine Komponente, ein Dokument, eine Person oder eine Handlung), der sich auf mehrere Sicherheitsebenen oder Schutzziele auswirkt, kann entsprechend auch mehrere Sicherheitsvorkehrungen schwächen. Da – wie bereits erwähnt – das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge und das Konzept der Schutzziele alternative Betrachtungsweisen sind, kann jedes Element der Sicherheitsvorsorge sowohl Sicherheitsebenen als auch Schutzziele zugeordnet werden. Entsprechend

erscheint jeder beurteilte Aspekt sowohl in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge als auch in der Schutzziel-Perspektive. Einer Barriere wird ein bewerteter Aspekt dann zugeordnet, wenn eine Aussage über den Zustand oder die Dichtheit dieser Barriere gemacht wird. Komponenten mit Barrierenfunktion werden nur dann auch Ebenen der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet, wenn auch die Funktion eines Systems von ihrem Funktionieren abhängt. Komponenten, welche ausschliesslich eine Barrierenfunktion haben, werden keiner Ebene – aber dem Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe» – zugeordnet.

Das ENSI hat im Aufsichtsjahr alle Ergebnisse von Inspektionen, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisanalysen und alle Sicherheitsindikatoren nach dem beschriebenen System bewertet. Für die Kernkraftwerke hat es die Bewertungen zu einem umfassenden Gesamtbild zusammengefügt. Das Gesamtbild besteht einerseits aus einer Vielzahl von Einzelbewertungen in den verschiedenen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Darstellung (z. B. 1 Bewertung A, 5 Bewertungen V, 12 Bewertungen N und 1 Bewertung G). Zum anderen hat das ENSI alle in einer Zelle enthaltenen Bewertungen zu jeweils einer Gesamtbewertung verdichtet (z. B. Bewertung A). Die Zellen-Gesamtbewertung ist normalerweise gleich der höchsten Einzelbewertung, weil die Tragweite eines Fehlers naturgemäss grösser ist als die Tragweite der erwartungsgemässen Sachverhalte. Entsprechend müssen sich die aus der Sicherheitsbewertung abzuleitenden Massnahmen auch primär auf die Diskrepanzen zum Erwarteten richten.

Das ENSI betrachtet die Transporte von und zu den Kernkraftwerken bei der systematischen Sicherheitsbewertung separat. In den nächsten Jahren

werden zusätzliche Datenquellen in die Bewertung einfließen. Weil zurzeit die verwendeten Datenquellen vor allem Informationen über das Betriebsgeschehen liefern, liegt der Erkenntnisgewinn der systematischen Sicherheitsbewertung vorderhand vor allem in diesem Bereich. Sobald wie geplant auch die Beurteilung von Änderungen im Rahmen von Freigaben für die Sicherheitsbewertung genutzt wird, wird das Bild im Bereich der beiden linken Spalten der Sicherheitsbewertungs-Darstellung vollständiger. Anlagenverbesserungen werden damit in Zukunft auch in der Sicherheitsbewertung sichtbar. Ergebnisse wiederkehrender Prüfungen erscheinen in der Sicherheitsbewertung jeweils im Jahr der Prüfung. Wenn eine Prüfung nicht jährlich erfolgt und ein Befund – weil er zulässig ist – bis zur nächsten Prüfung belassen werden kann, wird er in den Jahren, in denen keine Prüfung stattfindet, in der Sicherheitsbewertung zurzeit nicht dargestellt. Zentrale Ergebnisse dieser Bewertung für das Aufsichtsjahr 2009 sind jeweils am Schluss der Kapitel 1 bis 4 unter dem Punkt «Sicherheitsbewertung» dargestellt.

Das ENSI nimmt aufgrund der Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung und weiterer Erkenntnisse aus der Aufsichtstätigkeit eine vierteilige Gesamtbeurteilung der Sicherheit jedes Kernkraftwerks vor, nämlich hinsichtlich der Inhaltsbereiche Auslegungs-Vorgaben, Betriebs-Vorgaben, Zustand und Verhalten der Anlage sowie Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation. Dieser vier Bereiche entsprechen den Spalten der Tabellendarstellung der Ergebnisse der Sicherheitsbewertung der einzelnen Kernkraftwerke. Für die Gesamtbewertung verwendet das ENSI in absteigender Reihenfolge die Kategorien «hoch», «gut», «ausreichend» und «ungenügend».

Abbildung 1
 ENSI-Sicherheitsbewertungs-Skala basierend auf der Internationalen Ereignisskala INES

7	Schwerwiegender Unfall Kriterien gemäss INES-Manual
6	Ernsthafter Unfall Kriterien gemäss INES-Manual
5	Unfall mit Gefährdung der Umgebung Kriterien gemäss INES-Manual
4	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung radioaktive Abgaben an die Umwelt: >JAL <u>und</u> Dosis der Off-Site meist exponierten Person >1 mSv
3	Ernsthafter Zwischenfall radioaktive Abgaben an die Umwelt >JAL <u>und</u> Dosis der Off-Site meist exponierten Person >0,1 mSv und <1 mSv
2	Zwischenfall radioaktive Abgaben an die Umwelt <JAL und >0,1 mSv Dosis der Off-Site meist exponierten Person <u>oder</u> >JAL und Dosis der Off-Site meist exponierten Person <0,1 mSv
1	Anomalie radioaktive Abgaben an die Umwelt >KAL und <JAL <u>und</u> Dosis der meist exponierten Person <0,1 mSv
0	Kriterien gemäss INES-Manual

4	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung Kriterien gemäss INES-Manual
3	Ernsthafter Zwischenfall Kriterien gemäss INES-Manual
2	Zwischenfall Kriterien gemäss INES-Manual
1	Anomalie Kriterien gemäss INES-Manual
0	Kriterien gemäss INES-Manual

5	Unfall mit Gefährdung der Umgebung Kriterien gemäss INES-Manual
4	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung Kriterien gemäss INES-Manual
Schäden an der Anlage	
3	Ernsthafter Zwischenfall Kriterien gemäss INES-Manual
2	Zwischenfall Kriterien gemäss INES-Manual
1	Anomalie Kriterien gemäss INES-Manual
0	Kriterien gemäss INES-Manual

**Vorkommnisklassierungen:
Radioaktive Abgaben
an die Umwelt**

Teilskala 1

**Vorkommnisklassierungen:
Strahlenexposition
des Personals**

Teilskala 2

**Vorkommnisklassierungen:
Gestaffelte Sicherheitsvorsorge**

Teilskala 3

4	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung ICCDP _{Vork.} = 1
3	Ernsthafter Zwischenfall 1E-2 < ICCDP _{Vork.} < 1
2	Zwischenfall 1E-4 < ICCDP _{Vork.} < 1E-2
1	Anomalie 1E-6 < ICCDP _{Vork.} < 1E-4

0 ICCDP_{Vork.} < 1E-6

Vorkommnisklassierungen:
ICCDP_{Vorkommnis}
gemäß ENSI-A06

Teilskala 4

7
6
5
4
3
2
1
A
V
N
G

unterhalb der Skala

INES

ENSI

7	Schwerwiegender Unfall
6	Ernsthafter Unfall
5	Unfall mit Gefährdung der Umgebung
4	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung
3	Ernsthafter Zwischenfall
2	Zwischenfall
1	Anomalie

A	Abweichung
V	Verbesserungsbedarf
N	Normalität
G	Gute Praxis

Zellen-Bewertungen in Sicherheitsbewertungs-Matrix

Abbildung 2
Definition der ENSI-
Kategorien G, N, V und A

Kategorien	Kriterien
≥1	nach INES-Kriterien
A Abweichung	<ul style="list-style-type: none"> • als Vorkommnis meldepflichtiger Sachverhalt innerhalb der bewilligten Betriebsbedingungen • Abweichung von einem Gesetz, einer Verordnung oder einer behördlichen Richtlinie, welche gesetzliche Anforderungen präzisiert, falls die Abweichung eine Auswirkung auf die nukleare Sicherheit hat • Abweichung von gesetzlichen Vorschriften bezüglich Arbeitssicherheit, wenn diese eine Bedeutung für die nukleare Sicherheit haben
V Verbesserungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Schwachstelle • Abweichung von nicht freigabepflichtigen Vorgaben
N Normalität	<ul style="list-style-type: none"> • Erfüllung der Vorgaben
G Gute Praxis	<ul style="list-style-type: none"> • Erfüllung der Vorgaben und deutliches Übertreffen der Praxis in anderen Anlagen

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermische Leistung [MW]	1130	1130	1097	3002	3600
Elektrische Bruttoleistung [MW]	380	380	390	1035	1245
Elektrische Nettoleistung [MW]	365	365	373	985	1190
Reaktortyp	Druckwasser	Druckwasser	Siedewasser	Druckwasser	Siedewasser
Reaktorlieferant	Westinghouse	Westinghouse	GE	KWU	GE
Turbinenlieferant	BBC	BBC	BBC	KWU	BBC
Generatordaten	2-228	2-228	2-214	1140	1360
Kühlung	Flusswasser	Flusswasser	Flusswasser	Kühlturm	Kühlturm
Kommerzielle Inbetriebnahme	1969	1971	1972	1979	1984

Tabelle 1
Hauptdaten
der schweizerischen
Kernkraftwerke 2012

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	8464	8699	8751	24 670	23 958
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	2725	2794	3003	8010	7874
Abgegebene thermische Energie [GWh]	169,7	18,7	1,6	193,3	0
Zeitverfügbarkeit ¹ [%]	85,5	87,8	91,9	94,3	76,8
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	14,5	5,6	8,1	5,6	23,7
Arbeitsausnutzung ² [%]	85,1	87,3	91,1	93,7	75,6
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	0	2	1	1	0
Unvorhergesehenes Abfahren der Anlage	0	0	0	0	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen (>10% P _N)	0	0	3	2	2

Tabelle 2
Betriebsdaten
der schweizerischen
Kernkraftwerke 2012

¹ Zeitverfügbarkeit (in %): Zeit, in der das Werk in Betrieb bzw. in betriebsbereitem Zustand ist.

² Arbeitsausnutzung (in %): Produzierte Energie, bezogen auf die Nennleistung und eine hundertprozentige Zeitverfügbarkeit.

	KKB 1 + 2	KKM	KKG	KKL
Reaktoroperateur	37 (39)	24 (21)	26 (26)	31 (27)
Schichtchef	27 (23)	11 (13)	21 (18)	18 (20)
Pikettingenieur	14 (14)	9 (8)	11 (14)	11 (12)
Strahlenschutzsachverständiger	5 (5)	4 (4)	4 (4)	3 (3)
Strahlenschutzfachkraft	7 (7)	7 (9)	6 (6)	9 (10)
Strahlenschutztechniker	6 (4)	6 (5)	4 (5)	6 (5)
Gesamtbelegschaft (Personen)	547 (543)	345 (328)	503 (489)	541 (533)

Tabelle 3
Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2012 (in Klammern Werte von 2011)

Tabelle 4
Meldepflichtige
Vorkommnisse im
Bereich der nuklearen
Sicherheit 2012

Datum	KKW	Vorkommnis	Einstufung INES
8.2.2012	KKM	Ausfall einer Speisewasserpumpe mit Reduktion der Reaktorleistung	0
8.2.2012	KKM	Ausfall einer Speisewasserpumpe mit Reaktorschnellabschaltung	0
1.3.2012	KKG	Ausfall eines 220-V-Gleichrichters	0
8.3.2012	KKB	Überschreitung eines Prüflimits der Notstandsleittechnik	0
13.3.2012	KKM	Nicht konforme Bezeichnung von Versandstücken	0
23.3.2012	KKB	Manuelle Reaktorschnellabschaltung infolge defekter Wellendichtung einer Reaktorhauptpumpe	0
29.3.2012	KKL	Fehler einer thermischen Limite des Reaktorkerns	0
4.4.2012	KKG	Freischaltung einer Stromschiene nach Schaltersversagen	0
10.4.2012	KKB	Ausfall der radiologischen Luftüberwachung im Containment	0
29.4.2012	KKB	Störung in der Kälteanlage des Notstandgebäudes	0
10.5.2012	KKB	Startversagen des Notstanddiesels bei Funktionsprüfung	1
11.5.2012	KKG	Ausfall einer Hauptkühlmittelpumpe	0
11.5.2012	KKG	Leistungsreduktion infolge kurzzeitig lokal erhöhter Neutronenflussdichte	0
6.6.2012	KKL	Hüllrohrschaden an einem Brennstab im 28. Betriebszyklus	0
7.6.2012	KKG	Leckage an einer Leitung des Systems zur Kühlmittellagerung und -aufbereitung	0
12.6.2012	KKB	Rissanzeige an einer Einschweisnaht am RDB-Deckel	0
19.6.2012	KKG	Wanddickenschwächung an zwei Dampferzeugerheizrohren	0
22.6.2012	KKM	Störung der Ortsdosisleistungsmessung an der Frischdampfleitung	0
25.6.2012	KKB	Unterschreitung der rechnerischen Mindestwandstärke an einer Speisewasserleitung	0
27.6.2012	KKB	Kippen eines Brennelements beim Beladen des Reaktors	0
30.6.2012	KKG	Reaktorschnellabschaltung infolge defekter Überspannungsschutzdiode	0
1.7.2012	KKB	Trennung einer Notstromschiene vom Wasserkraftwerk Beznau	0
2.7.2012	KKB	Beschädigung an einer Dichtfläche des RDB-Deckels	0
15.7.2012	KKB	Störung in der Kälteanlage des Notstandgebäudes	0
11.8.2012	KKL	Beschädigter Abstandshalter an einem Brennelement	0
22.8.2012	KKB	Leckage vor einer Entlüftungsarmatur der Mindestmengenleitung der Containmentsprüh-pumpen	0
28.8.2012	KKL	Riss in einer Schweissnaht eines Speisewasserstutzens am RDB	0
5.10.2012	KKG	Fremdkörper in einer Regelarmatur der Dampferzeugerabschlammung	0
15.10.2012	KKG	Beschädigung an einem Gebinde mit schwachaktiven Abfällen	0
21.11.2012	KKB	Reaktorschnellabschaltung infolge Fehlauflösung eines Sicherungsautomaten	0
23.11.2012	KKM	Fehler in der Signalübermittlung in einem Kanal des Reaktorschutzes	0
21.12.2012	KKL	Brennelementschaden im 29. Betriebszyklus	0
21.12.2012	KKB	Leckage an der Entleerungsleitung einer Ladepumpe infolge eines Risses in einer Schweissnaht	0
26.12.2012	KKM	Ausfall einer Edelgasmessung im Abluftkamin	0

Tabelle 5
Kollektivdosen in den
schweizerischen KKW
im Berichtsjahr
(pro Werk in Pers.-mSv)

	KKB 1		KKB 2		KKG		KKL		KKM	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Aktionen										
BE-Wechsel	104			56						
Revisionsstillstand		544	399		393	426	598	1914	786	596
Zwischenabstellung				55						
Leistungsbetrieb	39	40	35	41	107	67	416	212	105	263
Total	143	584	434	153	500	493	1014	2126	891	859

Ort	Medium	Art der Abgaben ¹	Bilanzierte Abgaben ²				Berechnete Jahresdosis ³		
			Messung	Normiert ^{1,2}	Limiten ⁴				
			Bq pro Jahr	Bq pro Jahr	Bq pro Jahr	Prozent der Limite	Erw. mSv/Jahr	10j Kind mSv/Jahr	1j Kind mSv/Jahr
KKB 1 + KKB 2	Abwasser 4400 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4,3·10 ⁸	-	4·10 ¹¹	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	1,2·10 ¹³	1,2·10 ¹³	7·10 ¹³	17 %	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	6,2·10 ¹²	5,3·10 ¹²	1·10 ¹⁵	0,5 %	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	3,9·10 ⁵	-	6·10 ⁹	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	5,1·10 ⁶	1,2·10 ⁷	4·10 ⁹	0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	3,2·10 ¹⁰	-	-	-	<0,001	<0,001	0,0015		
Dosis total						<0,001	0,001	0,0016	
KKG	Abwasser 7272 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	1,1·10 ⁷	-	2·10 ¹¹	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	1,4·10 ¹³	1,4·10 ¹³	7·10 ¹³	20 %	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	<1,2·10 ¹³	<1,4·10 ¹³	1·10 ¹⁵	<1,4 %	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	2,6·10 ³	-	1·10 ¹⁰	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	7,9·10 ⁵	-	7·10 ⁹	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	4,1·10 ¹⁰	-	-	-	<0,001	<0,001	<0,001		
Dosis total						<0,001	<0,001	<0,001	
KKL	Abwasser 15 487 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	1,3·10 ⁸	-	4·10 ¹¹	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	1,4·10 ¹²	1,4·10 ¹²	2·10 ¹³	7 %	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1,3·10 ¹¹	-	2·10 ¹⁵	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	5,1·10 ⁶	-	2·10 ¹⁰	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	3,5·10 ⁷	3,5·10 ⁷	2·10 ¹⁰	0,2 %	<0,001	<0,001	<0,001
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	6,4·10 ¹¹	-	-	-	0,0024	0,0032	0,0054		
Dosis total						0,0024	0,0032	0,0054	
KKM	Abwasser 4332 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	3,0·10 ⁹	-	4·10 ¹¹	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	2,4·10 ¹¹	2,4·10 ¹¹	2·10 ¹³	0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	9,3·10 ¹⁰	-	2·10 ¹⁵	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	3,1·10 ⁶	-	2·10 ¹⁰	<0,1 %	0,0028	0,0027	0,0026
		Iod: ¹³¹ I	9,4·10 ⁶	-	2·10 ¹⁰	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	3,2·10 ¹¹	-	-	-	<0,001	0,001	0,0017		
Dosis total						0,0036	0,0037	0,0043	
ZZL	Abwasser 526 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	1,9·10 ⁸	-	2·10 ¹¹	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	3,1·10 ⁷	-	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	β/γ-Aerosole	3,4·10 ⁴	-	1·10 ⁹	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
		α-Aerosole	1,3·10 ⁴	-	3·10 ⁷	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	4,5·10 ⁸	-	1·10 ¹²	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
Tritium	8,8·10 ⁹	-	1·10 ¹⁴	<0,1 %	<0,001	<0,001	<0,001		
Dosis total						<0,001	<0,001	<0,001	

Tabelle 6a
Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2012 für die Kernkraftwerke und das Zentrale Zwischenlager Würenlingen und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung

Tabelle 6b
 Zusammenstellung
 der Abgaben des
 Paul Scherrer Instituts
 im Jahr 2012 und
 der daraus berechneten
 Dosis für Einzelpersonen
 der Bevölkerung

	PSI Ost				PSI West			Gesamtanlage des PSI ^{2,4}			
	Hochkamin	Saphir, Proteus	Forschungs- labor	Betriebs- Gebäude radioaktive Abfälle	Bundes- zwischen- lager	Zentrale Fortluft- anlagen	Injektor II	C-Labor	Abwasser 1527 m ³	Abgaben Bq/Jahr	Aequivalent- abgaben
Abgaben im Abwasser^{2,4} [Bq/a]											
Nuklidgemisch ohne Tritium	-	-	-	-	-	-	-	-	3,1·10 ⁷	-	3,8·10 ⁶
Tritium	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2·10 ¹⁰	-	-
Abgaben über die Abluft^{2,4} [Bq/a]											
Edelgase und andere Gase	2,8·10 ¹¹	-	-	-	-	2,0·10 ¹⁴	7,5·10 ⁹	-	-	2,0·10 ¹⁴	4,3·10 ¹⁴
β/γ-Aerosole ⁴ , ohne Iod	2,7·10 ⁸	-	2,0·10 ⁵	-	3,0·10 ⁵	2,5·10 ¹⁰	3,5·10 ⁶	-	-	2,5·10 ¹⁰	-
α-Aerosole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Iod (Summe aller Isotope)	2,0·10 ⁸	-	-	-	5,9·10 ³	5,5·10 ⁷	-	-	-	-	1,5·10 ⁸
Tritium als HTO	1,2·10 ¹⁰	1,2·10 ⁶	-	6,1·10 ⁹	1,4·10 ¹⁰	1,1·10 ¹²	-	-	-	1,1·10 ⁸	-
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2·10 ¹²	-
Jahresdosis³ [mSv/Jahr] für:											
Erwachsene	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,0065	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,007
Kind 10j	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,0067	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,007
Kleinkinder	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,0066	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,007
Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert¹	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	4,4%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<5,0%

Tabelle 6c (Fussnoten)

1 Bei der **Art der Abgaben** resp. den **Bilanzierten Abgaben** ist Folgendes zu präzisieren:

Abwasser: Die Radioaktivität ist beim Vergleich mit den Abgabelimiten in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-LE-Wert von 200 Bq/kg angegeben. Die LE-Werte für die einzelnen Nuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein LE-Wert von 200 Bq/kg entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Ingestions-Dosisfaktor von $5 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq. Die unnormierte Summe der Abwasserabgaben ist in der Spalte «Messung» angegeben.

Edelgase: Die Radioaktivität ist beim Vergleich mit den Abgabelimiten in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ angegeben. Die CA-Werte für die Edelgasnuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Immersions-Dosisfaktor von $4.4 \cdot 10^{-7}$ (Sv/Jahr)/(Bq/m³). Die unnormierte Summe der Edelgasabgaben ist in der Spalte «Messung» angegeben.

Beim KKG wird für die Bilanzierung der Edelgase eine β -total-Messung durchgeführt; für die Äquivalent-Umrechnung wurde in diesem Fall ein Gemisch von 80% ¹³³Xe, 10% ¹³⁵Xe und 10% ⁸⁸Kr angenommen.

Gase: Beim PSI handelt es sich dabei vorwiegend um die Nuklide ¹¹C, ¹³N, ¹⁵O und ⁴¹Ar. Deren Halbwertszeiten sind kleiner als zwei Stunden. Hier ist für die einzelnen Abgabestellen und das gesamte PSI die Summe der Radioaktivität dieser Gase und Edelgase ohne Normierung auf einen Referenzwert angegeben. Für die Gesamtanlage wird zusätzlich auch die auf den Referenz-CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ normierte Abgabe aufgeführt.

Aerosole: Hier ist in jedem Fall die Summe der Radioaktivität ohne Normierung auf einen Referenzwert angegeben.

Der Dosisbeitrag von Aerosolen mit Halbwertszeiten kleiner 8 Tagen ist bei den Kernkraftwerken vernachlässigbar.

Beim KKM ergibt sich der Hauptbeitrag zur Dosis durch die Strahlung der abgelagerten Aerosole, die im Jahre 1986 durch eine unkontrollierte Abgabe in die Umgebung gelangten. Der Dosisbeitrag der Aerosole, welche im Berichtsjahr abgegeben wurden, ist demgegenüber vernachlässigbar und liegt in der Grössenordnung der anderen schweizerischen Kernkraftwerke.

Iod: Bei den Kernkraftwerken ist die Abgabe von ¹³¹I limitiert; somit ist bei den bilanzierten Abgaben nur dieses Iod-Isotop angegeben.

Beim PSI, bei dem andere Iod-Isotope in signifikanten Mengen abgegeben werden, ist die Abgabe für die einzelnen Abgabestellen und die Gesamtanlage als Summe der Aktivität der gemessenen Iod-Nuklide angegeben. Für die Gesamtanlage wird zudem auch ein ¹³¹Iod-Äquivalent als gewichtete Summe der Aktivität der Iod-Nuklide angegeben, wobei sich der Gewichtungsfaktor aus dem Verhältnis des Ingestionsdosisfaktors des jeweiligen Nuklides zum Ingestionsdosisfaktor von ¹³¹I ergibt. Die Ingestionsdosisfaktoren sind der StSV entnommen.

Für die Berechnung der Jahresdosis werden sowohl für die KKW wie für das PSI immer sämtliche verfügbaren Iod-Messungen verwendet, d.h. es ist beispielsweise für KKB auch der Beitrag von ¹³³I berücksichtigt.

Kohlenstoff ¹⁴C: In den Tabellen ist der als Kohlendioxid vorliegende Anteil des ¹⁴C, der für die Dosis relevant ist, angegeben. Die für ¹⁴C angegebenen Werte basieren bei allen Werken auf aktuellen Messungen.

2 Die **Messung der Abgaben** erfolgt nach den Erfordernissen der Reglemente «für die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des...» jeweiligen Kernkraftwerkes resp. des ZZL oder PSI. Die Messgenauigkeit beträgt ca. $\pm 50\%$. Abgaben unterhalb 0,1% der Jahresabgabelimite werden vom ENSI als nicht-relevant betrachtet und werden in der Spalte «Normiert» nicht ausgewiesen (-).

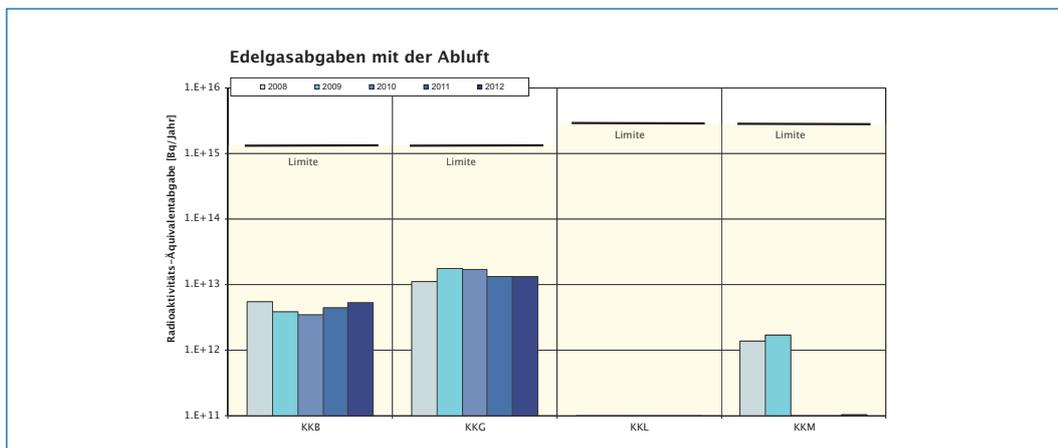
3 Die **Jahresdosis** ist für Personen berechnet, die sich dauernd am kritischen Ort aufhalten, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort beziehen und ihren gesamten Trinkwasserbedarf aus dem Fluss unterhalb der Anlage decken. Die Dosis wird mit den in der Richtlinie ENSI-G14 angegebenen Modellen und Parametern ermittelt.

Dosiswerte kleiner als 0,001 mSv – entsprechend einer Dosis, die durch natürliche externe Strahlung in ca. zehn Stunden akkumuliert wird – werden in der Regel nicht angegeben. Beim PSI wird die Jahresdosis der Gesamtanlage als Summe über die Abgabestellen gebildet.

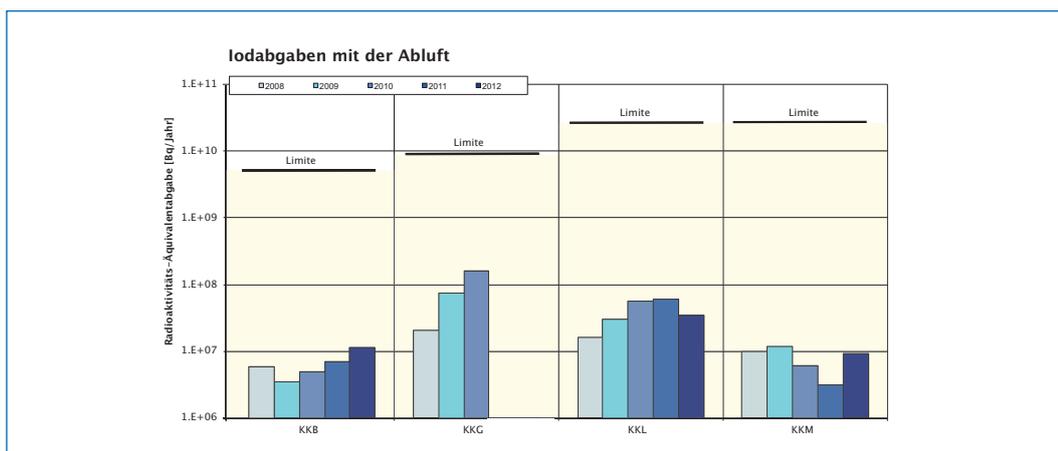
4 **Abgabelimiten** gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die Abgabelimiten wurden so festgelegt, dass die Jahresdosis für Personen in der Umgebung (vgl. Fussnote 3) für die Kernkraftwerke unter 0,3 mSv/Jahr respektive das Zentrale Zwischenlager in Würenlingen (ZZL) unter 0,05 mSv/Jahr bleibt. Für das Paul Scherrer Institut (PSI) sind die Abgaben gemäss Bewilligung 6/2003 direkt über den quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,15 mSv/Jahr limitiert.

Tabelle 7
Abgaben der
schweizerischen
Kernkraftwerke in
den letzten fünf
Jahren im Vergleich mit
den Abgabelimiten

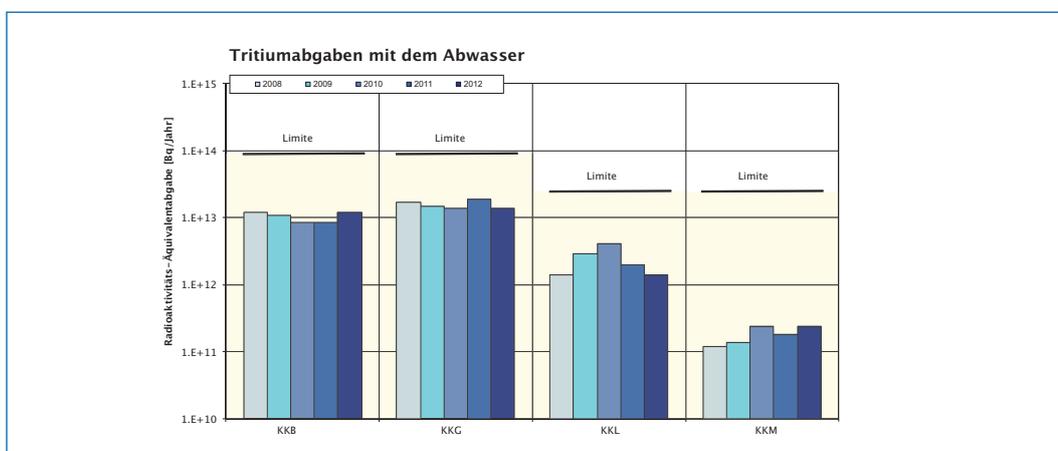
Abluft
Edelgase



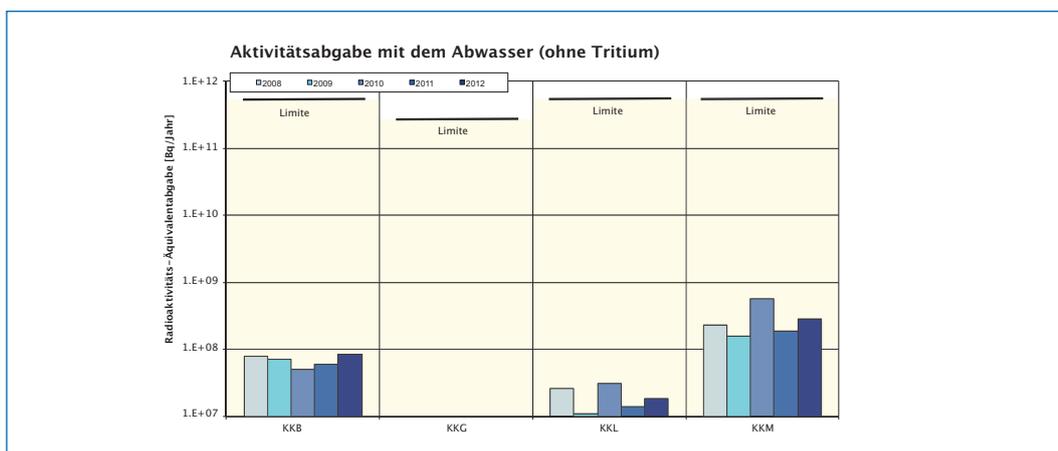
Abluft
Iod



Abwasser
mit Tritium



Abwasser
ohne Tritium



	unkonditioniert			konditioniert		
	Anfall	Auslagerung ¹	Bestand	Produktion	Auslagerung ²	Bestand
PSI	66	-	444	21	-	1517
KKB	28	28	66	2	-	1161
KKM	39	41	47	15	-	881
KKG	18	22	39	10	-	235
KKL	64	67	8	17	-	1288
Total	215	158	604	65	-	5082

Tabelle 8

Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI per 31.12.2012 (inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung), Bruttovolumina gerundet in m³

¹ Bruttovolumen der im Berichtsjahr zur ZwiLag transferierten Abfälle für die Behandlung in der Plasma-Anlage und der Konditionierungsanlage.

² Transfer konditionierter Abfälle zur Zwischenlagerung bei der ZwiLag.

	Anfall	unkonditioniert		konditioniert
		Annahme zur Konditionierung bzw. Triage ²	Bestand	Produktion
Verarbeitung [m ³]	70 ¹	572	476 ³	99
Bestand (konditionierte Abfälle)		Einlagerung	Auslagerung	Bestand
Bruttovolumen konditionierter Abfälle ⁴ [m ³]		110		1585
Anzahl Behälter mit Brennelementen		3		29
Anzahl Behälter mit Glaskokillen		3		11
Anzahl Behälter mit Lucens-Abfällen		-		6

Tabelle 9

Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG per 31.12.2012

Hierin enthalten sind:

¹ – Sekundärabfälle aus allen Betriebsbereichen der ZwiLag
– Im Werksauftrag entstandene, zu verarbeitende Abfälle.

² Nur teilweise radioaktiver Abfall.

³ Hierin enthalten sind 38 Gebinde (8 m³) mit leicht angereichertem uranhaltigem Material aus dem Versuchatomkraftwerk Lucens.

⁴ Alle Lagerteile der ZwiLag ausgenommen sep. aufgeführtem Bestand des HAA-Lagers.

Richtlinien des ENSI

Tabelle 10

Fett gedruckte Titel beziehen sich auf Richtlinien, die in Kraft sind.

Die Sicherungsrichtlinien sind nicht aufgeführt. Aktuelle Liste per Dezember 2012.

G-Richtlinien (Generelle Richtlinien)

Ref.	Titel	Stand
G01	Sicherheitstechnische Klassierung für bestehende Kernkraftwerke	Januar 2011
G02	Spezifische Auslegungsgrundsätze für Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren	
G03	Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis	April 2009
G04	Auslegung und Betrieb von Lagern für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente	März 2012 (Revision 1)
G05	Transport- und Lagerbehälter für die Zwischenlagerung	April 2008
G06	Anforderungen an die Baudokumentation	
G07	Organisation von Kernanlagen	April 2008
G08	Anforderungen an die systematischen Sicherheitsbewertungen	
G09	Betriebsdokumentation	
G11	Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Planung, Herstellung und Montage	Mai 2010 (Revision 1)
G12	Festlegungen von baulichen und organisatorischen Strahlenschutz-Massnahmen für den überwachten Bereich von Kernanlagen	
G13	Strahlenschutzmessmittel in Kernanlagen: Konzepte, Anforderungen und Prüfungen	Februar 2008
G14	Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen	Dezember 2009 (Revision 1)
G15	Strahlenschutzziele für Kernanlagen	November 2010
G16	Sicherheitstechnisch klassierte Leittechnik: Auslegung und Anwendung	
G17	Stilllegung von Kernanlagen	
G18	Auslegung und Qualifikation elektrischer Ausrüstungen	
G20	Auslegung und Betrieb von Reaktorkern, Brennelementen und Steuerelementen in Kernkraftwerken	

A-Richtlinien (Richtlinien für Anlagebegutachtung)

Ref.	Titel	Stand
A01	Anforderungen an die deterministische Störfallanalyse für Kernanlagen: Umfang, Methodik und Randbedingungen der technischen Störfallanalyse	Juli 2009
A02	Gesuchsunterlagen für den Bau von Kernkraftwerken	
A03	Anforderungen an die Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken	
A04	Gesuchsunterlagen für freigabepflichtige Änderungen an Kernanlagen	September 2009 (Revision 1)
A05	Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Umfang und Qualität	Januar 2009
A06	Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Anwendungen	Mai 2008
A07	Methodik und Randbedingungen für die Störfallanalyse von Kernanlagen mit geringem Gefährdungspotential	
A08	Quelltermanalyse: Umfang, Methodik und Randbedingungen	Februar 2010
A15	Gesuchsunterlagen für Betriebsbewilligungen	

Ref.	Titel	Stand
B01	Alterungsüberwachung	Juli 2011
B02	Periodische Berichterstattung der Kernanlagen	März 2012 (Revision 3)
B03	Meldungen der Kernanlagen	März 2012 (Revision 3)
B04	Freimessung von Materialien und Bereichen aus kontrollierten Zonen	August 2009
B05	Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle	Februar 2007
B06	Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Instandhaltung	Mai 2010
B07	Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Qualifizierung der zerstörungsfreien Prüfungen	September 2008 (Revision 1)
B08	Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Zerstörungsfreie Wiederholungsprüfungen	
B09	Ermittlung und Aufzeichnung der Dosis strahlenexponierter Personen	Juli 2011
B10	Ausbildung, Wiederholungsschulung und Weiterbildung von Personal	Oktober 2010
B11	Notfallübungen	Dezember 2012 (Revision 1)
B12	Notfallschutz in Kernanlagen	April 2009
B13	Ausbildung und Fortbildung des Strahlenschutzpersonals	November 2010
B14	Instandhaltung sicherheitstechnisch klassierter elektrischer und leittechnischer Ausrüstungen	Dezember 2010

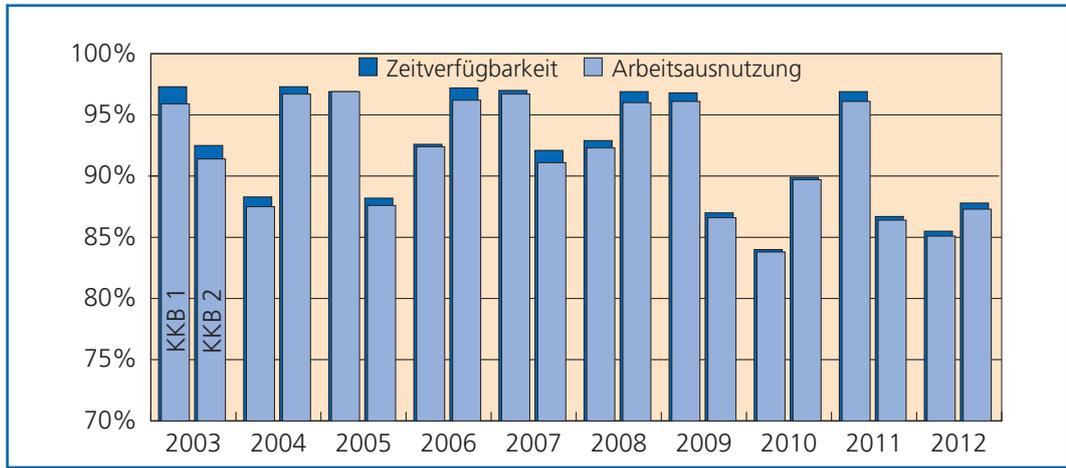
B-Richtlinien
(Richtlinien für
Betriebsüberwachung)

Nr.	Titel	Datum der gültigen Ausgabe
R-4	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken, Projektierung von Bauwerken	Dezember 1990
R-6	Sicherheitstechnische Klassierung, Klassengrenzen und Bauvorschriften für Ausrüstungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren	Mai 1985
R-7	Richtlinien für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Institutes	Juni 1995
R-8	Sicherheit der Bauwerke für Kernanlagen, Prüfverfahren des Bundes für die Bauausführung	Mai 1976
R-16	Seismische Anlageninstrumentierung	Februar 1980
R-30	Aufsichtsverfahren beim Bau und Betrieb von Kernanlagen	Juli 1992
R-31	Aufsichtsverfahren beim Bau und dem Nachrüsten von Kernkraftwerken, 1E klassierte elektrische Ausrüstungen	Oktober 2003
R-35	Aufsichtsverfahren bei Bau und Änderungen von Kernkraftwerken, Systemtechnik	Mai 1996
R-39	Erfassung der Strahlenquellen und Werkstoffprüfer im Kernanlagenareal	Januar 1990
R-40	Gefilterte Druckentlastung für den Sicherheitsbehälter von Leichtwasserreaktoren, Anforderungen für die Auslegung	März 1993
R-46	Anforderungen für die Anwendung von sicherheitsrelevanter rechnerbasierter Leittechnik in Kernkraftwerken	April 2005
R-48	Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken	November 2001
R-49	Sicherheitstechnische Anforderungen an die Sicherung von Kernanlagen	Dezember 2003
R-50	Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen	März 2003
R-60	Überprüfung der Brennelementherstellung	März 2003
R-61	Aufsicht beim Einsatz von Brennelementen und Steuerstäben in Leichtwasserreaktoren	Juni 2004
R-101	Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren	Mai 1987
R-102	Auslegungskriterien für den Schutz von sicherheitsrelevanten Ausrüstungen in Kernkraftwerken gegen die Folgen von Flugzeugabsturz	Dezember 1986
R-103	Anlageninterne Massnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle	November 1989

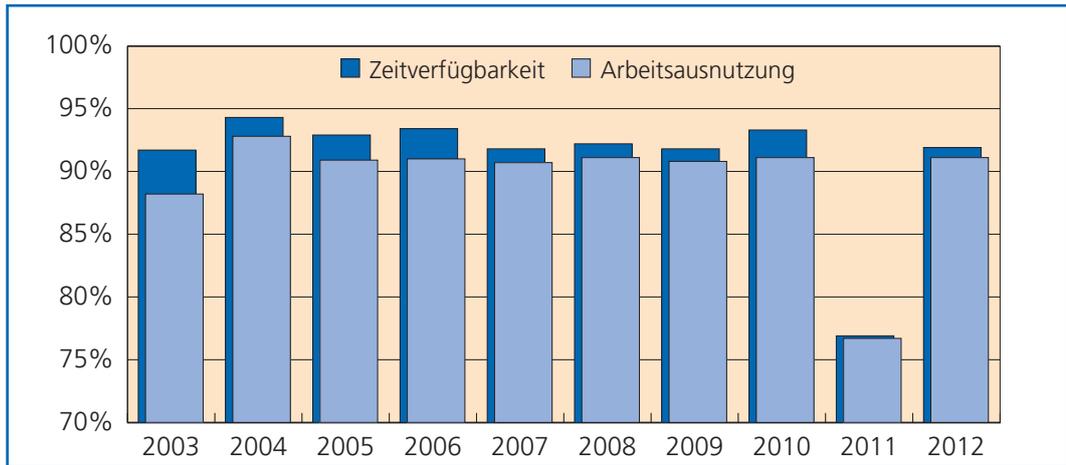
R-Richtlinien
(von der früheren
Hauptabteilung für
die Sicherheit der
Kernanlagen HSK
verabschiedet)

Figur 1
Zeitverfügbarkeit
und Arbeitsausnutzung
2003–2012

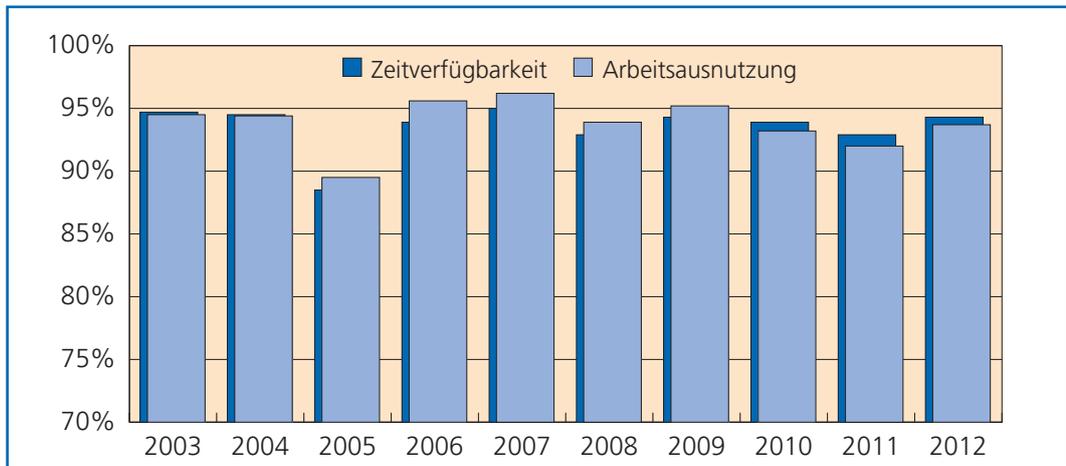
KKB 1 + 2



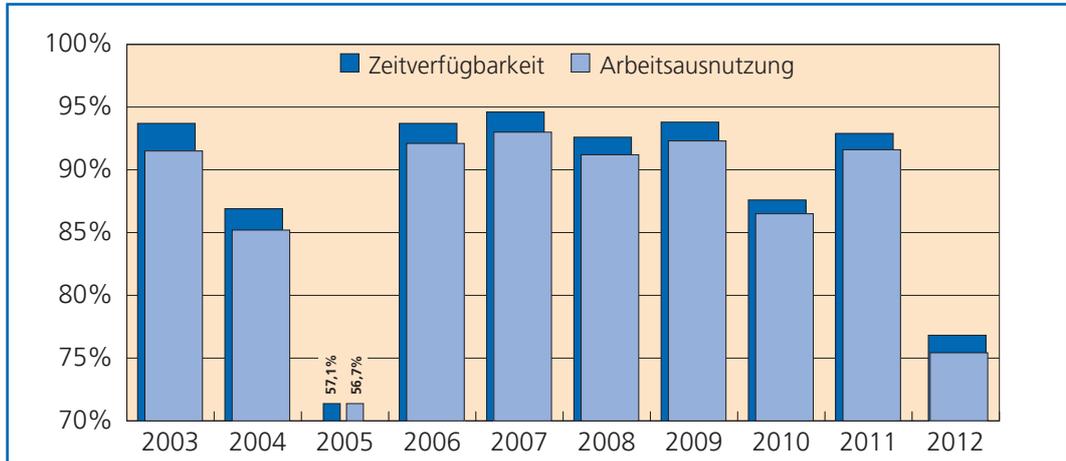
KKM

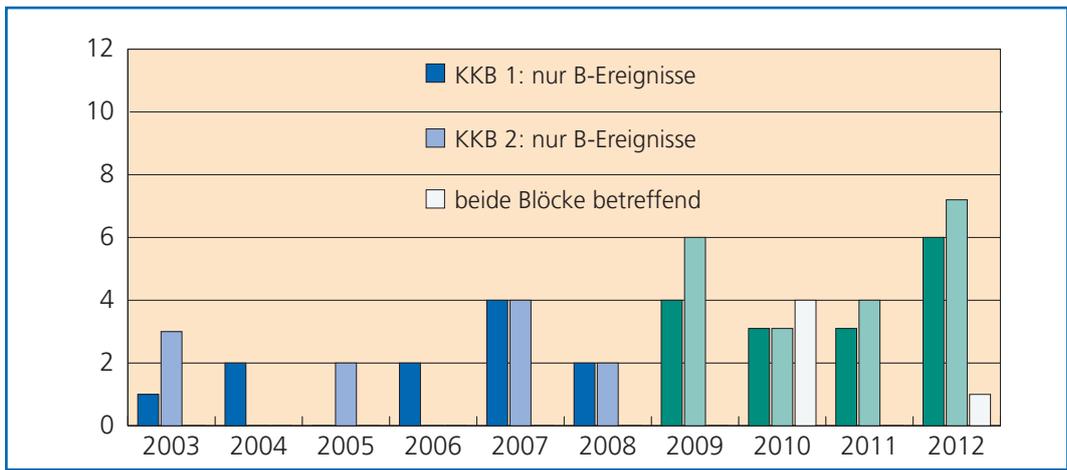


KKG



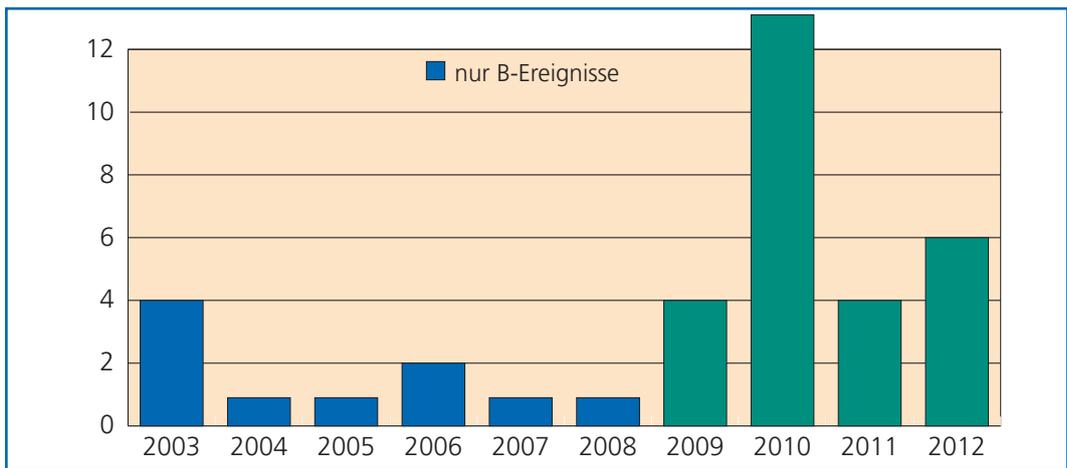
KKL



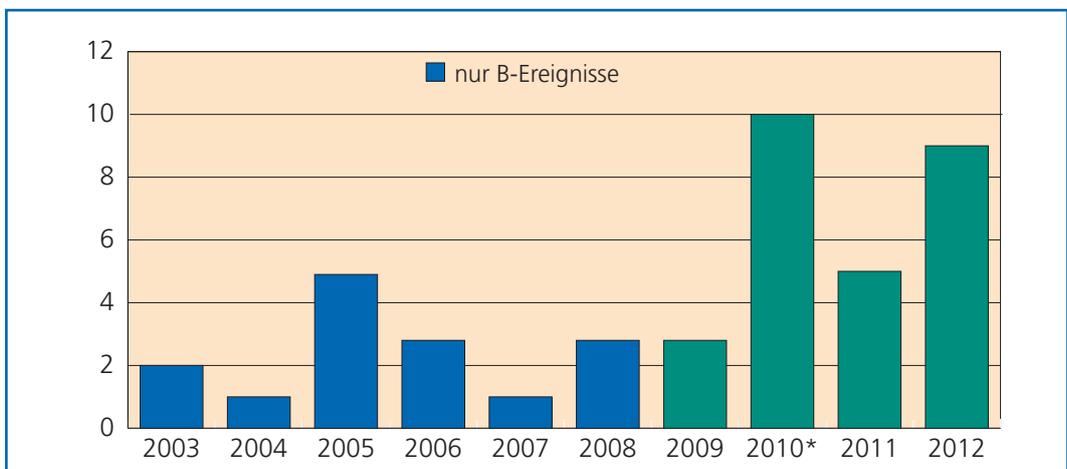


Figur 2
Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse, 2003–2008 sowie meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2009–2012. Aufgrund der geänderten Meldekriterien können die Zahlen vor 2009 nicht mit denjenigen ab 2009 verglichen werden.

KKB 1 + 2

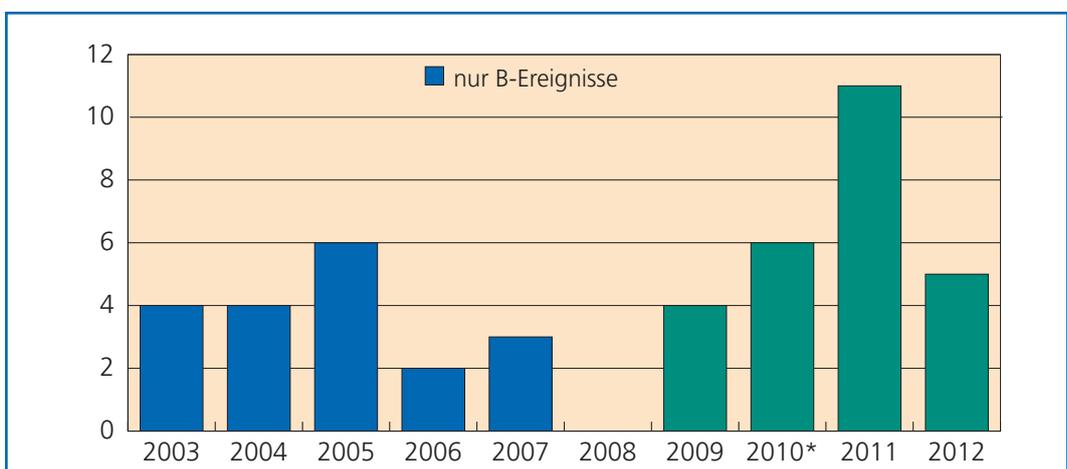


KKM



KKG

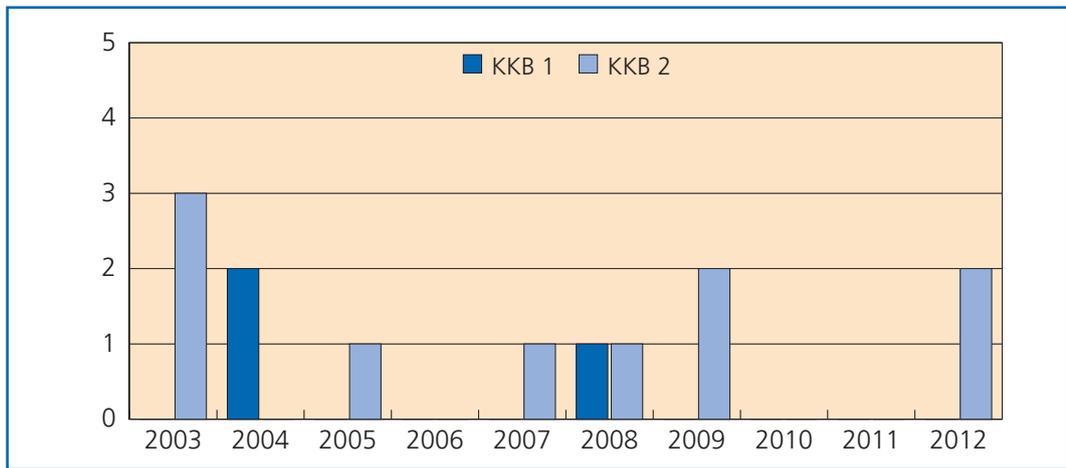
* inkl. das im März gemeldete Vorkommnis von 2008



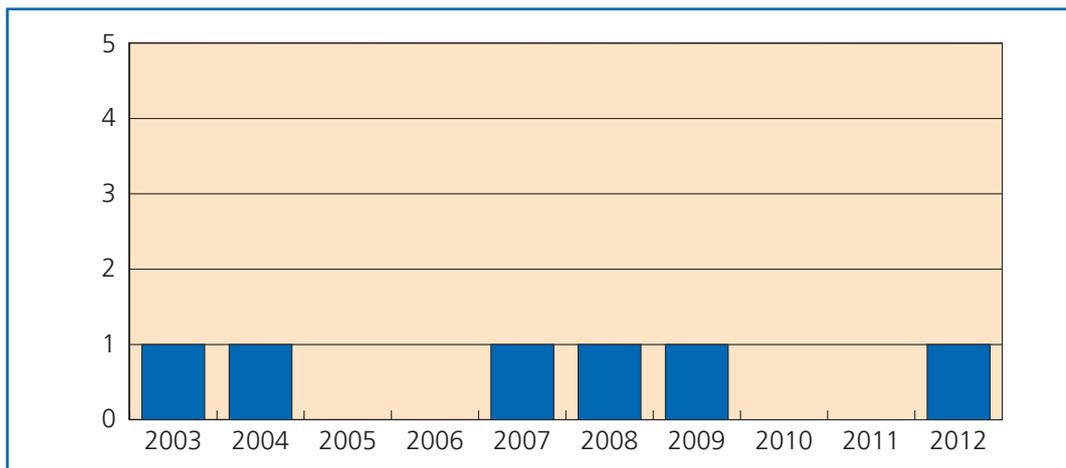
KKL

Figur 3
*Ungeplante Reaktor-
 schnnellabschaltungen*
(Scrams), 2003–2012

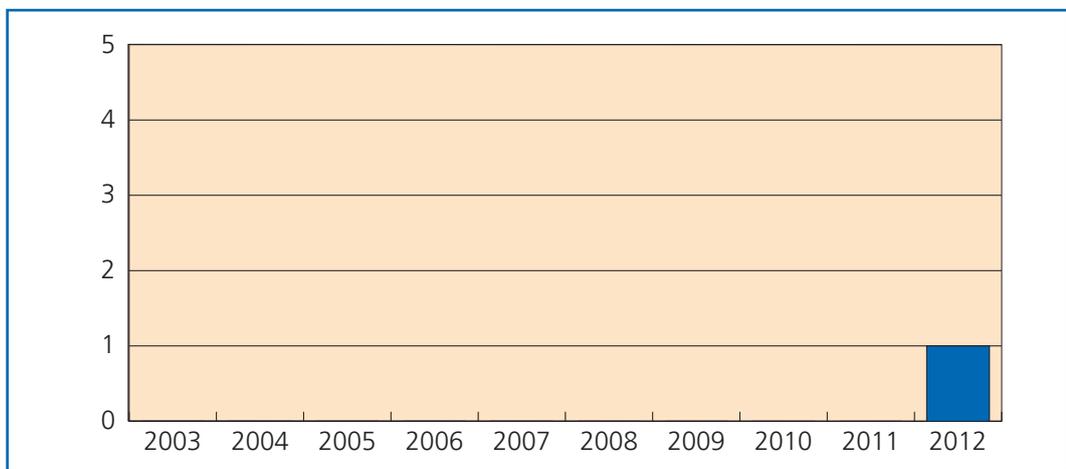
KKB 1 + 2



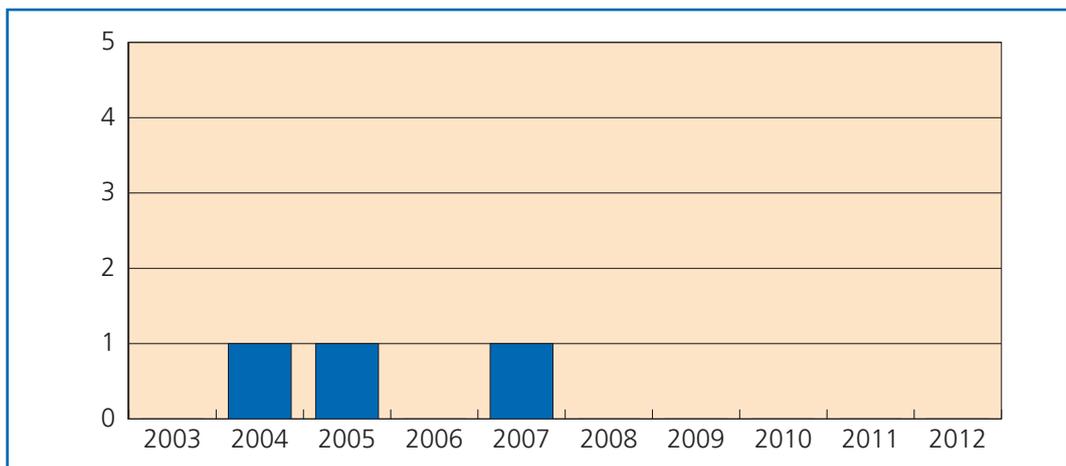
KKM

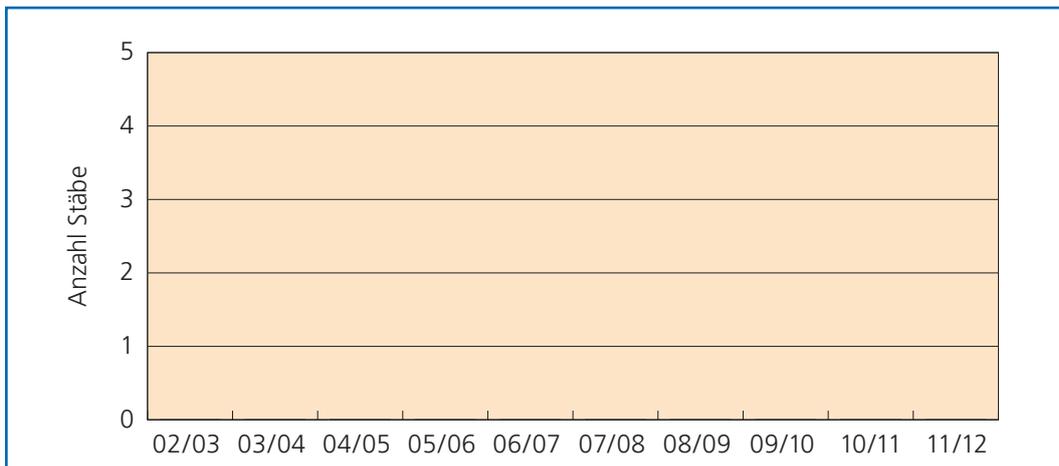


KKG



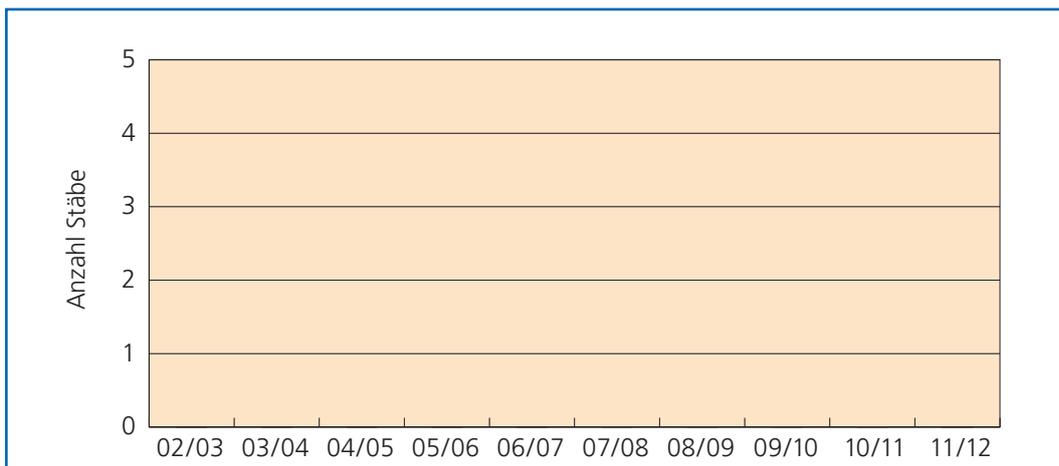
KKL



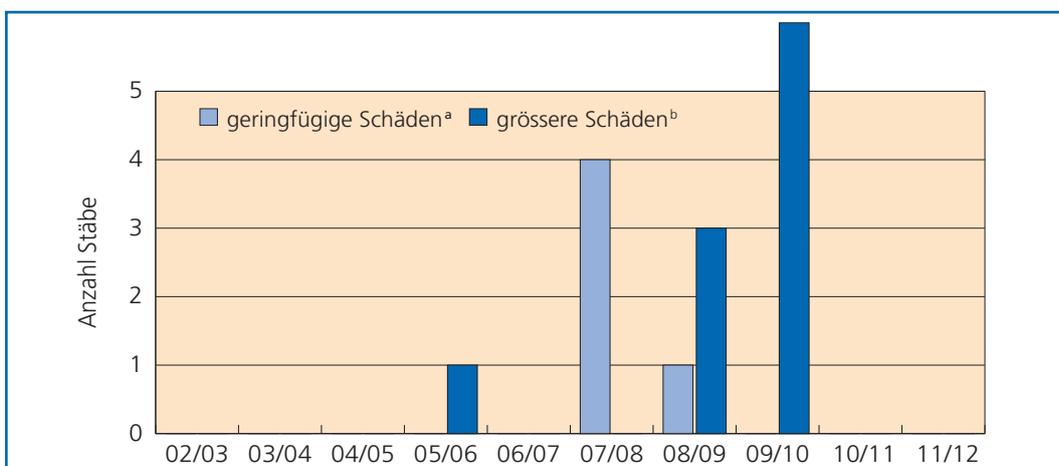


Figur 4
Brennstabschäden
(Anzahl Stäbe),
2003–2012

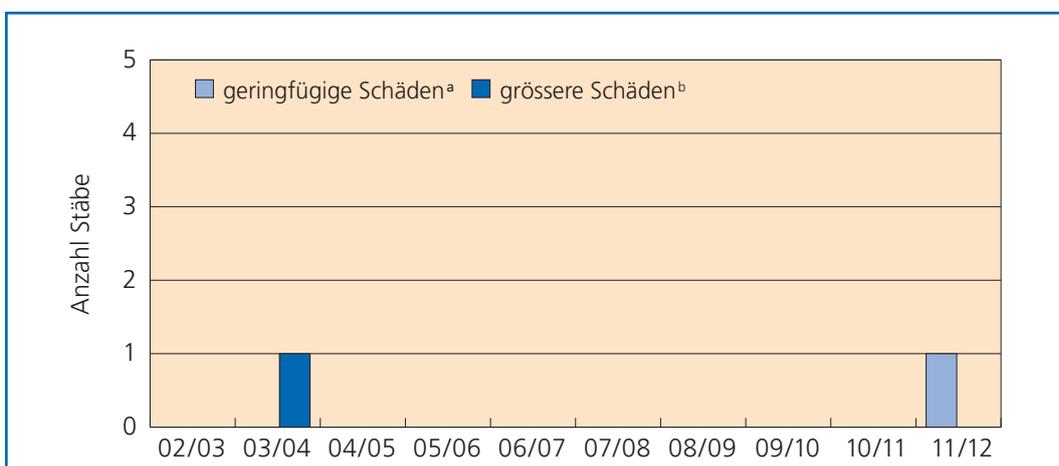
KKB 1 + 2



KKM



KKG

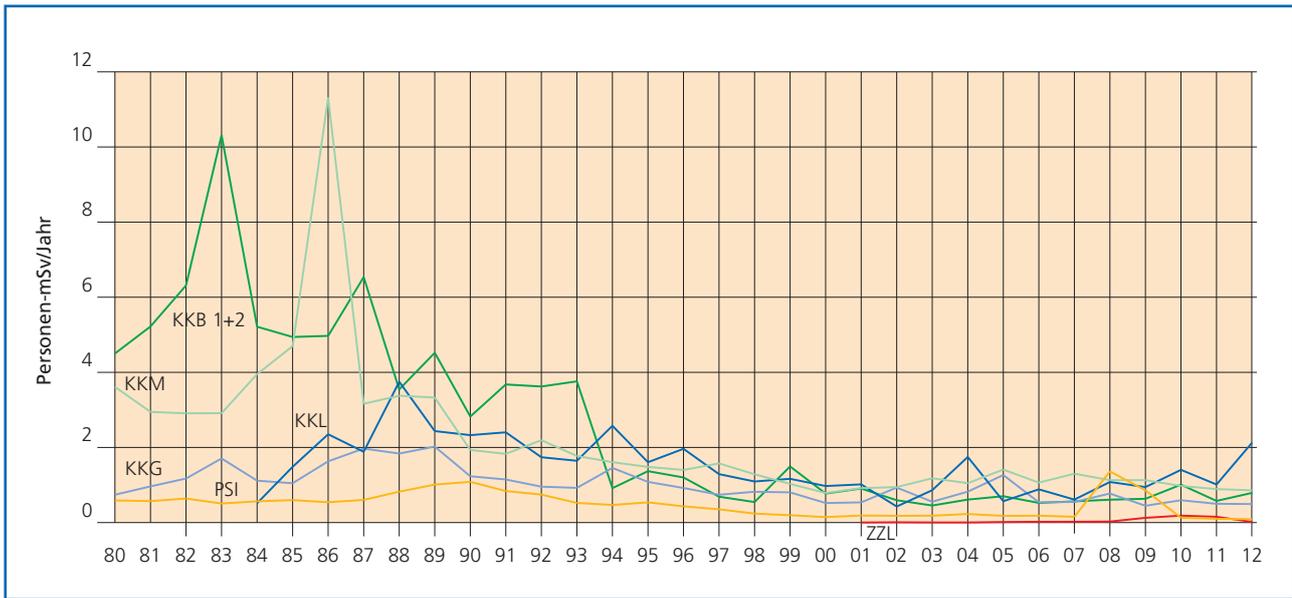


KKL

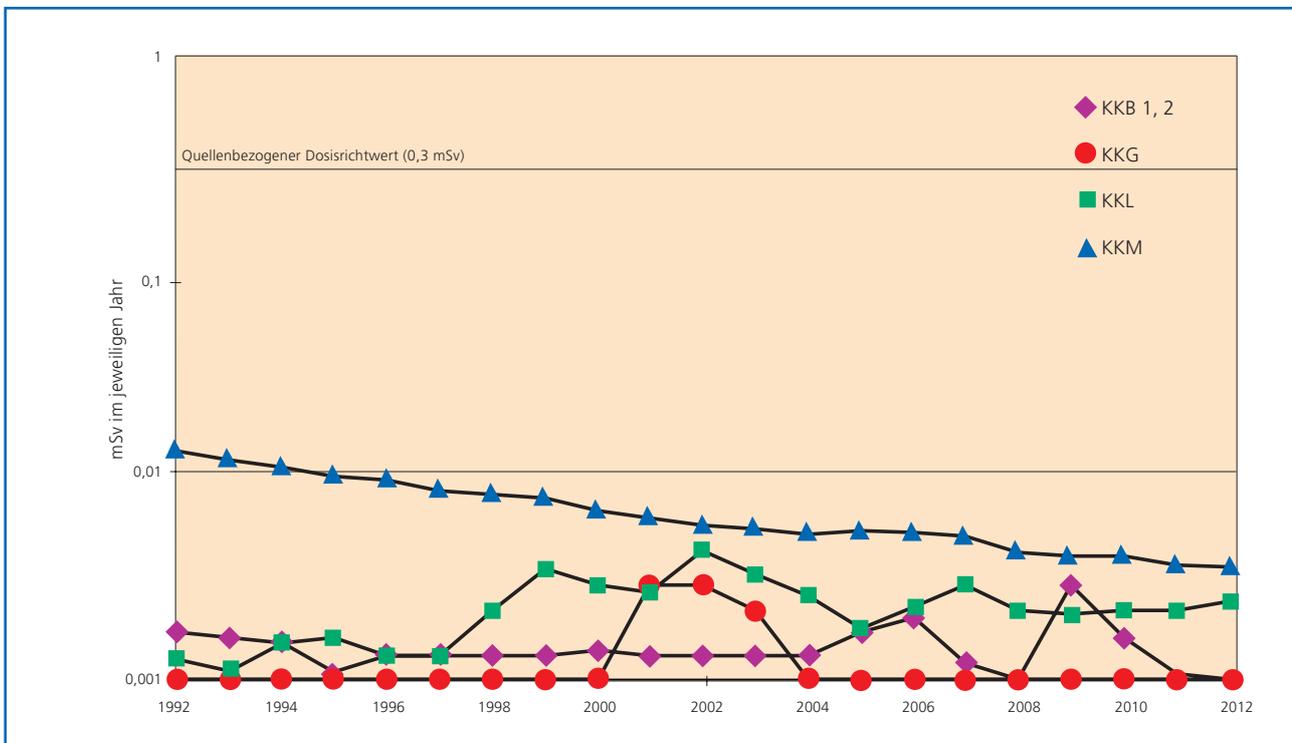
^a z.B. Haarrisse
im Hüllrohr

^b z.B. grosser Riss oder
Bruch des Hüllrohrs mit
Brennstoffauswaschung

Figur 5
 Jahreskollektivdosen
 der Kernanlagen in der
 Schweiz in Pers.-mSv,
 1980–2012

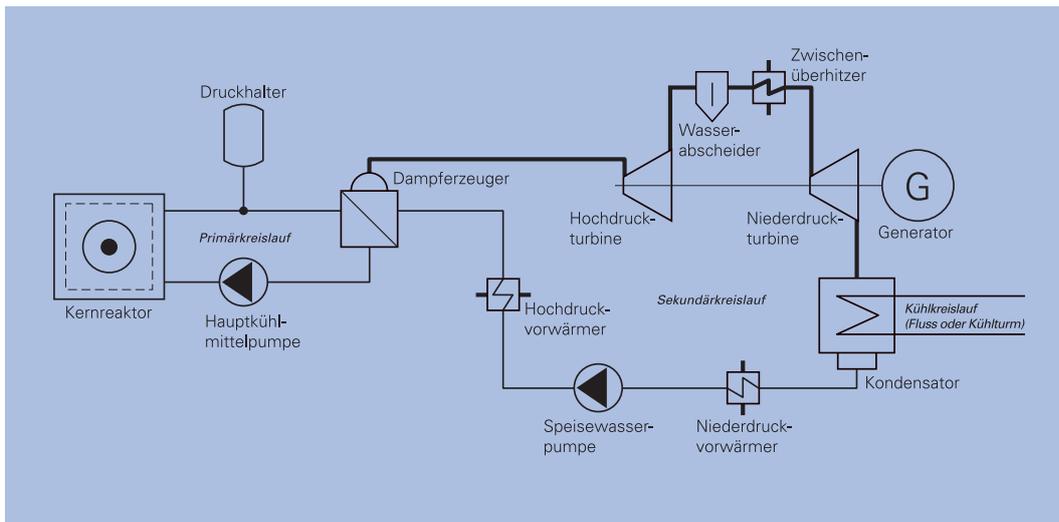


Figur 6
 Berechnete Dosen für
 die meistbetroffenen
 Personen¹ (Erwachsene)
 in der Umgebung der
 schweizerischen KKW

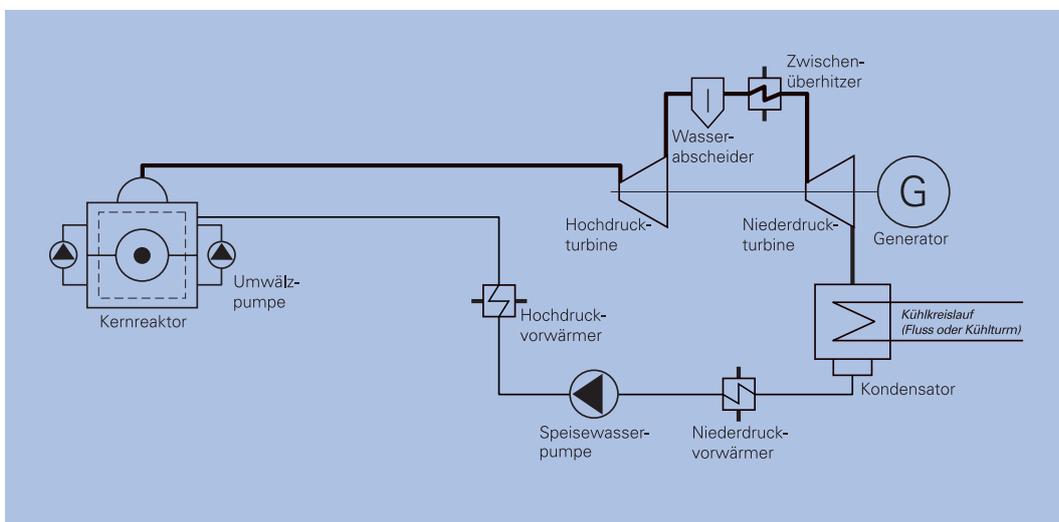


¹ Fiktive erwachsene Person, die sich dauernd am kritischen Ort aufhält, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort bezieht und nur Trinkwasser aus dem Fluss unterhalb des jeweiligen Kernkraftwerks konsumiert. An diesem Ort ist der Dosisbeitrag durch die Direktstrahlung aus den Kernanlagen vernachlässigbar.

Diese Werte sind mit Vorsicht zu geniessen, da im Laufe der Zeit die Berechnungsgrundlagen für die Dosisberechnungen geändert wurden.



Figur 7a
 Funktionsschema eines
 Kernkraftwerks mit
 Druckwasserreaktor



Figur 7b
 Funktionsschema eines
 Kernkraftwerks mit
 Siedewasserreaktor

Verzeichnis der Abkürzungen

ADAM	Accident Diagnostics, Analysis and Management
ADR	European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
AIRS	Advanced Incident Reporting System
ALARA	«As low as reasonably achievable» (so gering wie vernünftigerweise erreichbar) Konzept der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) zur Dosisbegrenzung
AM	Accident Management
ANPA	System zur automatischen Übertragung der Anlageparameter der KKW zum ENSI
AÜP	Alterungsüberwachungsprogramm
ASME	American Society of Mechanical Engineers
<hr/>	
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BFE	Bundesamt für Energie
Bq	Becquerel
BZL	Bundeszwischenlager
BE	Brennelement
<hr/>	
CFS	Commission franco-suisse de sûreté nucléaire et de radioprotection
CNS	Convention on Nuclear Safety
<hr/>	
DSK	Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen
DWR	Druckwasserreaktor
<hr/>	
EGT	Expertengruppe geologische Tiefenlager
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EOR	Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
<hr/>	
GWh	Gigawattstunde = 10 ⁹ Wattstunden
<hr/>	
HAA	Hochradioaktive Abfälle
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (seit 2009: ENSI)
<hr/>	
IAEA	International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergieagentur), Wien
INES	International Nuclear Event Scale (Internationale Ereignisskala)
IRA	Institut de radiophysique appliquée, Lausanne
IRS	Incident Reporting System
<hr/>	
KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk
KNS	Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit

KOMABC	Eidgenössische Kommission für ABC Schutz
KSR	Eidgenössische Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität
kV	Kilovolt = 10^3 Volt, Spannungseinheit
<hr/>	
LMA	Langlebige mittelradioaktive Abfälle
LOCA	Loss of coolant accident
LWR	Leichtwasserreaktor
<hr/>	
MAA	Mittelradioaktive Abfälle
MADUK	Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernanlagen
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MOX	Uran-Plutonium-Mischoxid
mSv	Millisievert = 10^{-3} Sievert
μ Sv	Mikrosievert = 10^{-6} Sievert
MW	Megawatt = 10^6 Watt, Leistungseinheit
MWe	Megawatt elektrische Leistung
MWth	Megawatt thermische Leistung
<hr/>	
NADAM	Netz für die automatische Dosisleistungsmessung und -alarmierung
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NAZ	Nationale Alarmzentrale, Zürich
NEA	Nuclear Energy Agency, Kernenergieagentur der OECD, Paris
NFO	Notfallorganisation
NTB	Nagra Technischer Bericht
<hr/>	
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OSART	Operational Safety Review Team (IAEA)
<hr/>	
Pers.-mSv	Personen-Millisievert = 10^{-3} Personen-Sievert
Pers.-Sv	Personen-Sievert = Kollektivstrahlendosis
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSI	Paul Scherrer Institut, Würenlingen und Villigen
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
<hr/>	
QM	Qualitätsmanagement
QS	Qualitätssicherung
<hr/>	
RCIC	Reaktorkernisolations-Kühlsystem
RDB	Reaktordruckbehälter
RID	Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail
<hr/>	
SAA	Schwachradioaktive Abfälle
SAMG	Severe Accident Management Guidance
SMA	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle
StSG	Strahlenschutzgesetz

StSV	Strahlenschutzverordnung
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Luzern
Sv	Sievert = Strahlendosisäquivalent (1 Sv = 100 rem)
SVTI	Schweizerischer Verein für Technische Inspektionen
SWR	Siedewasserreaktor
<hr/>	
TBq	Terabecquerel (1 TBq = 10 ¹² Bq)
TL-Behälter	Transport- und Lagerbehälter
TLD	Thermolumineszenz-Dosimeter
<hr/>	
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
<hr/>	
WANO	World Association of Nuclear Operators
WENRA	Western European Nuclear Regulators' Association
<hr/>	
ZWIBEZ	Zwischenlager für radioaktive Abfälle, KKW Beznau
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG

Herausgeber

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
CH-5200 Brugg
Telefon +41 (0)56 460 84 00
Telefax +41 (0)56 460 84 99
info@ensi.ch
www.ensi.ch

Zusätzlich zu diesem Aufsichtsbericht...

... informiert das ENSI in weiteren jährlichen Berichten aus seinem Arbeits- und Aufsichtsgebiet (Erfahrungs- und Forschungsbericht, Strahlenschutzbericht, Tätigkeits- und Geschäftsbericht des ENSI-Rates).

ENSI-AN-8300
ISSN 1661-2876

© ENSI, Juni 2013

ENSI-AN-8300
ISSN 1661-2876

ENSI, CH-5200 Brugg, Industriestrasse 19, Telefon +41 (0)56 460 84 00, Fax +41 (0)56 460 84 99, www.ensi.ch