



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 2010

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

## **Aufsichtsbericht 2010**

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

## **Rapport de Surveillance 2010**

sur la sécurité nucléaire dans les installations nucléaires en Suisse

## **Regulatory Oversight Report 2010**

concerning nuclear safety in Swiss nuclear installations

# Inhalt

Vorwort	4
<i>Préface</i>	6
<i>Preface</i>	8
Zusammenfassung und Übersicht	11
<i>Résumé et aperçu</i>	14
<i>Summary and overview</i>	17
Organigramm	20
<b>1. Kernkraftwerk Beznau</b>	<b>21</b>
1.1 Überblick	21
1.2 Betriebsgeschehen	22
1.3 Anlagetechnik	25
1.4 Strahlenschutz	27
1.5 Radioaktive Abfälle	28
1.6 Notfallbereitschaft	29
1.7 Personal und Organisation	29
1.8 Sicherheitsbewertung	30
<b>2. Kernkraftwerk Mühleberg</b>	<b>35</b>
2.1 Überblick	35
2.2 Betriebsgeschehen	36
2.3 Anlagetechnik	39
2.4 Strahlenschutz	41
2.5 Radioaktive Abfälle	42
2.6 Notfallbereitschaft	43
2.7 Personal und Organisation	43
2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	44
2.9 Sicherheitsbewertung	44
<b>3. Kernkraftwerk Gösgen</b>	<b>47</b>
3.1 Überblick	47
3.2 Betriebsgeschehen	48
3.3 Anlagetechnik	50
3.4 Strahlenschutz	52
3.5 Radioaktive Abfälle	53
3.6 Notfallbereitschaft	54
3.7 Personal und Organisation	54
3.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	55
3.9 Sicherheitsbewertung	55
<b>4. Kernkraftwerk Leibstadt</b>	<b>57</b>
4.1 Überblick	57
4.2 Betriebsgeschehen	58
4.3 Anlagetechnik	61
4.4 Strahlenschutz	65
4.5 Radioaktive Abfälle	67
4.6 Notfallbereitschaft KKL	67
4.7 Personal und Organisation	68
4.8 Sicherheitsbewertung	68
<b>5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen</b>	<b>71</b>
5.1 Zwischenlagergebäude	71
5.2 Konditionierungsanlage	72
5.3 Plasma-Anlage	73

5.4	Strahlenschutz	73
5.5	Notfallbereitschaft	74
5.6	Personal und Organisation	74
5.7	Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen	75
5.8	Vorkommnisse	75
5.9	Gesamtbeurteilung	75
<b>6.</b>	<b>Paul Scherrer Institut (PSI)</b>	<b>77</b>
6.1	Die Kernanlagen des PSI	77
6.2	Forschungsreaktor PROTEUS	77
6.3	Hotlabor	78
6.4	Stillgelegte oder im Rückbau stehende Kernanlagen	78
6.5	Behandlung radioaktiver Abfälle	78
6.6	Lagerung radioaktiver Abfälle	80
6.7	Strahlenschutz	80
6.8	Notfallbereitschaft	80
6.9	Personal und Organisation	81
6.10	Strahlenschutz-Schule	81
6.11	Gesamtbeurteilung	81
<b>7.</b>	<b>Weitere Kernanlagen</b>	<b>83</b>
7.1	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	83
7.2	Universität Basel	84
<b>8.</b>	<b>Transport von radioaktiven Stoffen</b>	<b>85</b>
8.1	Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	85
8.2	Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	86
8.3	Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung	86
8.4	Brennelemente zur Wiederaufarbeitung und Rückführung der Abfälle	87
8.5	Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	87
8.6	Inspektionen und Audits	87
<b>9.</b>	<b>Neue Kernkraftwerke</b>	<b>89</b>
9.1	Ausgangslage	89
9.2	Umfang der ENSI-Überprüfung	89
9.3	Ergebnisse der Überprüfung	90
9.4	Zweite Meinung zu den ENSI-Gutachten	91
<b>10.</b>	<b>Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle</b>	<b>93</b>
10.1	Sachplan geologische Tiefenlager	93
10.2	Entsorgungsprogramm	94
10.3	Offene Fragen aus dem Entsorgungsnachweis	95
10.4	Felslaboratorien	96
10.5	Internationaler Wissenstransfer	96
<b>11.</b>	<b>Anlagenübergreifende Themen</b>	<b>97</b>
11.1	Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management	97
11.2	Convention on Nuclear Safety	100
	<b>Anhang</b>	<b>101</b>
	<b>Verzeichnis der Abkürzungen</b>	<b>131</b>

# Vorwort



Die Kernanlagen der Schweiz werden seit den katastrophalen Ereignissen im japanischen Fukushima vom 11. März 2011 in der Öffentlichkeit grundlegend anders wahrgenommen als zuvor. Einen Monat vor Fukushima hatten sich die Stimmberechtigten des Kantons Bern für den Ersatz des Kernkraftwerks Mühleberg durch ein neues Kernkraftwerk am selben Standort ausgesprochen. Drei Tage nach Fukushima sistierte der Bundesrat die Rahmenbewilligungsverfahren für neue Kernkraftwerke. Zwei Monate später ist der politische Prozess gestartet worden, um in der Schweiz aus der Nutzung der Kernenergie für die Stromproduktion auszusteigen. Damit haben sich die Aufgaben des ENSI teilweise verändert. Die Begutachtung der Neubauprojekte ist obsolet geworden. Die Aufsicht über die in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke bleibt jedoch eine Schlüsselaufgabe. Darüber zu wachen, dass die Schweizer Kernkraftwerke die Sicherheitsanforderungen erfüllen, ist nach Fukushima genauso wichtig wie zuvor. Dazu gilt es, aus den Ereignissen in Japan die nötigen Lehren zu ziehen. Das bisher für neue Kernkraftwerke zuständige Team wurde umgehend mit der Analyse der Ereignisse in Fukushima beauftragt. Aus den ersten Erkenntnissen hat das ENSI mit der

gebotenen Dringlichkeit mehrere Forderungen an die Betreiber der Kernkraftwerke in der Schweiz gestellt. Weitere werden im Verlauf der Analyse folgen.

Der vorliegende Aufsichtsbericht bezieht sich darauf, wie das ENSI seine Aufgaben im Jahr 2010 wahrgenommen hat und wie es die nukleare Sicherheit im Jahr 2010 beurteilt. Das ENSI beaufsichtigt den ganzen Lebenszyklus von Kernanlagen, von der Planung über den Bau, die Inbetriebsetzung, den Betrieb, die Nachbetriebsphase, den Rückbau und die Entsorgung der radioaktiven Abfälle.

Im Februar 2010 stellte das ENSI im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager sein Gutachten zum Vorschlag geologischer Standortgebiete der Öffentlichkeit vor. Nachdem das ENSI die geologischen und sicherheitstechnischen Kriterien vorgegeben und die Nagra daraus die geeigneten Standortgebiete für geologische Tiefenlager in der Schweiz hergeleitet hatte, prüfte das ENSI die umfangreiche Dokumentation der Nagra. Gemäss den Vorgaben im Sachplan mussten die Standortgebiete anhand der Auswahlkriterien bewertet werden, um ihre Stärken und Schwächen transparent darzustellen. Alle vorgeschlagenen Standorte genügen den hohen Sicherheitsansprüchen und sind deshalb für Etappe 2 geeignet. Erst in dieser zweiten Etappe – und unter Berücksichtigung zusätzlicher Kriterien – werden die vorgeschlagenen Standorte miteinander verglichen.

Im November 2010 erklärte das ENSI die Standorte Beznau, Mühleberg und Niederramstal als grundsätzlich geeignet für den Bau neuer Kernkraftwerke. Gegen Ende 2010 publizierte das ENSI seine sicherheitstechnische Stellungnahme zum Langzeitbetrieb des Kernkraftwerks Beznau und erklärte, dass keine sicherheitstechnischen Einwände gegen den Betrieb der beiden Kraftwerksblöcke über 40 Jahre hinaus bestehe. In beiden Blöcken sei aus heutiger Sicht ein sicherer Betrieb für weitere zehn Jahre möglich.

Um sicherzustellen, dass das ENSI ein möglichst umfassendes und realistisches Bild der Sicherheit der Schweizer Kernkraftwerke hat, fügt das ENSI die von ihm bewerteten Elemente der Sicherheitsvorsorge zu einem Gesamtbild zusammen. Das Vorgehen ist im Anhang unter dem Stichwort «Sicherheitsbewertung» beschrieben. Die Ergebnisse sind in den Kapiteln über die einzelnen Kernkraftwerke dargestellt. Die Sicherheitsbewertung führt für jeden Kernkraftwerksblock zu einem Mosaik aus Steinen unterschiedlicher Farben, damit die Stärken und Schwächen jeder Anlage sichtbar werden und das ENSI erkennt, an welchen Stellen die Sicherheitsvorsorge zu stärken ist. Hier muss der jeweilige Betreiber dem ENSI Verbesserungsmaßnahmen vorlegen. In den letzten Jahren haben wir darüber hinaus über jedes Kernkraftwerk eine qualitative Gesamtbewertung kommuniziert. Wir gehen dieses Jahr nun einen Schritt weiter und differenzieren diese Gesamtbewertung. Der Logik der Sicherheitsbewertung entsprechend bewerten wir nun die Sicherheit jedes Kernkraftwerks hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben, Betriebs-Vorgaben, Zustand und Verhalten der Anlage sowie Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation. Weil aufgrund dieser Differenzierung die Beurteilung der Auslegung erstmals separat ausgewiesen wird, werden in der Gesamtbewertung Unterschiede zwischen den älteren und den neueren Anlagen systematisch sichtbar. Dank umfangreichen Nachrüstungen, die über den internatio-

nen Stand hinausgehen, bewertet das ENSI die Sicherheit der älteren Anlagen Beznau und Mühleberg hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als gut. Aufgrund des technischen Fortschritts in den 1970er-Jahren ist die Sicherheit der neueren Anlagen Gösgen und Leibstadt aus der Auslegungsperspektive auf einem noch höheren Stand, weshalb das ENSI diese als hoch bewertet.

Das ENSI hat diese Bewertungen noch vor den Ereignissen von Fukushima vorgenommen. Doch die Erkenntnisse aus Fukushima bestätigen die Bewertungen. Die schwer beschädigten Kraftwerksblöcke von Fukushima waren nicht ausgelegt gegen einen Tsunami, der im historischen Vergleich nicht ausserordentlich gross war und alle paar Generationen einmal vorkommt. Schweizer Kernkraftwerke müssen hingegen so starken Naturereignissen standhalten, wie sie nur alle 10 000 Jahre auftreten. Erst bei Ereignissen, welche diese Dimensionen übertreffen, ist es angemessen, von einem Restrisiko zu sprechen. Alle anderen Ereignisse müssen durch eine geeignete Auslegung abgedeckt sein. An diesem Anspruch messen wir unsere Bewertung. Weitere Angaben finden Sie in den einzelnen Kraftwerkskapiteln.



Hans Wanner

# Préface

Depuis la catastrophe de Fukushima le 11 mars 2011, la population perçoit très différemment les installations nucléaires en Suisse. Un mois avant Fukushima, les citoyens du canton de Berne s'étaient prononcés en faveur du remplacement de la centrale nucléaire de Mühleberg par une nouvelle centrale sur le même site. Trois jours après Fukushima, le Conseil fédéral suspendait les procédures d'autorisation générale pour de nouvelles centrales nucléaires. Deux mois plus tard, le processus politique d'abandon de l'énergie nucléaire pour la production d'électricité en Suisse était enclenché. Du même coup, les tâches de l'IFSN s'en trouvaient partiellement modifiées et l'expertise des projets de nouvelles constructions devenait obsolète.

La surveillance des centrales nucléaires en service reste toutefois une tâche-maîtresse. Veiller à ce que les centrales nucléaires suisses répondent aux impératifs de sécurité est aussi important après Fukushima qu'avant. Il s'agit ici de tirer des événements du Japon les enseignements nécessaires. L'équipe jusque-là responsable des nouvelles centrales nucléaires a aussitôt été chargée de l'analyse des événements de Fukushima. Sur la base des premières conclusions et avec l'urgence qui s'impose, l'IFSN a formulé plusieurs exigences à l'attention des exploitants des centrales nucléaires de Suisse. D'autres suivront en cours d'analyse.

Le présent rapport de surveillance porte sur la manière dont l'IFSN a assumé ses tâches en 2010 et évalué la sécurité nucléaire. L'IFSN surveille l'ensemble du cycle de vie des installations nucléaires, de la planification à la construction, la mise en service, l'exploitation, la phase de post-exploitation, le démantèlement et la gestion des déchets radioactifs.

En février 2010, l'IFSN a présenté à la population son expertise des sites d'implantation proposés, dans le cadre du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes». Après que l'IFSN ait défini les critères de géologie et de sécurité et que la

Nagra en ait déduit les sites d'implantation appropriés à la construction de dépôts géologiques profonds en Suisse, l'IFSN a vérifié l'importante documentation de la Nagra. Conformément aux spécifications du plan sectoriel, on a dû évaluer les sites d'implantation à l'aide des critères de sélection, pour en présenter avec transparence les forces et les faiblesses. Tous les sites proposés satisfont des impératifs de sécurité élevés et conviennent de ce fait à l'étape 2. Ce n'est qu'au cours de cette deuxième étape et compte tenu de critères supplémentaires que les sites proposés seront comparés les uns aux autres.

En novembre 2010, l'IFSN a déclaré que les sites de Beznau, Mühleberg et Niederaamst étaient fondamentalement appropriés à la construction de nouvelles centrales nucléaires.

Vers la fin de 2010, l'IFSN a publié sa prise de position sur la sécurité de l'exploitation à long terme de la centrale nucléaire de Beznau et déclaré qu'aucune objection de sécurité ne s'opposait au fonctionnement des deux tranches nucléaires au-delà de 40 ans. Une exploitation sûre pour dix nouvelles années serait actuellement possible dans les deux réacteurs.

Pour garantir à l'IFSN une représentation aussi large et réaliste que possible de la sécurité des centrales nucléaires suisses, l'IFSN réunit les éléments de la prévention de la sécurité qu'elle a évalués en un aperçu général. La méthode est décrite en annexe sous le mot-clé «Évaluation de la sécurité». Les résultats sont présentés dans les chapitres relatifs à chacune des centrales nucléaires. L'évaluation de la sécurité conduit pour chaque tranche nucléaire à une mosaïque de pierres de couleurs différentes, afin de faire ressortir les forces et les faiblesses de chaque installation et de permettre à l'IFSN d'identifier les points où la prévention de la sécurité doit être renforcée. L'exploitant concerné doit alors présenter à l'IFSN les mesures d'amélioration qui s'imposent. Ces dernières années, nous avons en outre communiqué une évaluation quali-

tative globale sur chaque centrale nucléaire. Cette année, nous allons encore plus loin et différencions cette évaluation globale. Conformément à la logique de l'évaluation de la sécurité, nous évaluons maintenant la sécurité de chaque centrale nucléaire en perspective des hypothèses de dimensionnement et d'exploitation, de l'état et du comportement de l'installation, ainsi que de l'état et du comportement des individus et de l'organisation. Comme en raison de cette différenciation, l'évaluation du dimensionnement est présentée pour la première fois à part, les différences entre les anciennes et les nouvelles installations ressortent systématiquement dans l'évaluation globale. Grâce à d'importants équipements allant au-delà de ce qui est requis au niveau international, l'IFSN juge que la sécurité des plus anciennes installations de Beznau et de Mühleberg est bonne en perspective des hypothèses de dimensionnement. Du fait des progrès techniques réalisés dans les années 1970, la sécurité des plus récentes installations de Gösgen et de Leibstadt jouit d'un niveau encore plus élevé en perspective du dimensionnement, raison pour laquelle l'IFSN la juge élevée.

L'IFSN a procédé à ces évaluations encore avant les événements de Fukushima. Les enseignements de Fukushima confirment néanmoins ces évaluations. Les réacteurs nucléaires de Fukushima fortement endommagés n'étaient pas dimensionnés pour un tsunami qui n'est historiquement pas démesurément grand et survient une fois par quelques générations. En revanche, les centrales nucléaires suisses doivent résister à des événements naturels extrêmes, tels qu'ils n'apparaissent que tous les 10 000 ans. On ne peut parler de risque résiduel que pour des événements dépassant ces dimensions. Tous les autres événements doivent être couverts par un dimensionnement approprié. Nous mesurons notre évaluation sur la base de cette exigence. Vous trouverez d'autres informations à ce sujet dans les chapitres consacrés à chaque centrale nucléaire.



Hans Wanner

# Preface

*Since the catastrophic events at the Fukushima plant in Japan on 11 March 2011, there has been a fundamental shift in the way the public regards nuclear facilities in Switzerland. Just one month before Fukushima, the electorate in the canton of Bern had voted in favour of a replacement nuclear power plant at Mühleberg on the same site as the current plant. Three days after Fukushima, the Swiss Federal Council suspended all applications for general licenses for the construction of new nuclear power plants. Two months later, Switzerland embarked on a political process that will see the phasing out of nuclear power for the purpose of electricity generation. This means a change to some of ENSI's responsibilities as its previous assessment of new build projects is no longer relevant.*

*However, surveillance of the nuclear power plants currently in operation remains a key task. Monitoring existing nuclear power plants in Switzerland to ensure that they meet required safety levels is as important as it was before Fukushima. In addition, it is essential that we learn the lessons from events in Japan. The team formerly responsible for new nuclear power plants was therefore immediately assigned to a new task, that of analysing the events in Fukushima. ENSI has already reacted with due diligence to the team's initial findings by imposing a series of demands on the operators of nuclear power plants in Switzerland. It is likely that further requirements will be imposed as the analysis continues.*

*The current Surveillance Report pertains to the way ENSI perceived its responsibilities in 2010 and how it assessed nuclear safety in that year. ENSI monitors the entire life cycle of a nuclear facility, from initial planning, construction, commissioning and operation through to the post-operative phase, dismantling and the disposal of radioactive waste. As part of the Sectoral Plan for Deep Geological Repositories, ENSI published a report in February 2010 on the proposed geological siting areas in*

*Switzerland. ENSI had previously specified the geological and safety criteria for these repositories and Nagra had subsequently used them as the basis for its selection of suitable siting areas. ENSI has now checked the extensive documentation issued by Nagra. The Sectoral Plan stipulates that the assessment of potential siting areas must be based on specified selection criteria in order to portray in a transparent manner, the relative strengths and weaknesses of the selected sites. Each of the siting areas suggested by Nagra satisfies the high safety requirements and hence each site may now progress to Stage 2. Additional criteria will be considered in Stage 2 at which point, there will be a comparison of the various suggested locations.*

*In November 2010, ENSI announced that Beznau, Mühleberg and Niederaam were suitable in principle as locations for the construction of new nuclear power plants.*

*Towards the end of 2010, ENSI made public its safety report on the long-term operation of the Beznau nuclear power plant, indicating that there were no safety reasons why the two units at the plant could not operate in excess of 40 years. From the present standpoint, both units could operate safely for a further ten years.*

*In order to provide an overview of the safety of Swiss nuclear power plants that is as comprehensive and realistic as possible, ENSI incorporates the individual aspects of preventive safety into an overall assessment. The methodology used is described in the Appendix under the heading «Sicherheitsbewertung» (Safety Evaluation). The results for individual nuclear power plants are included in the plant-specific section of the report. For each plant/unit, the safety evaluation is represented in tabular form using a mosaic of different colours to display clearly the strengths and weaknesses of each plant. ENSI can thereby identify where improvements in preventive safety are required and operators must then submit their proposals for improvements. In recent years, ENSI has also given*

each nuclear power plant an overall qualitative assessment and for 2010, it has gone one stage further and introduced an element of differentiation in the overall assessment. In accordance with the logic applied to safety evaluations, ENSI now assesses separately the safety impact of individual criteria, i.e. it has assessed the safety of design parameters, operating parameters, state and behaviour of the plant and the state and behaviour of human and organisational factors. This means that for the first time, plant design is the subject of a dedicated assessment and thus the overall evaluation shows clear differences between older and new facilities. As a result of extensive retrofitting over and above the international norm, ENSI rates the design safety of the older plants at Beznau and Mühleberg as «good». Thanks to technical progress achieved in the 1970s, the design of the newer plants at Gösgen and Leibstadt is of an even higher safety standard and hence ENSI rates their safety as «high».

ENSI conducted these assessments before the events at Fukushima. However they were con-

firmed by Fukushima. The seriously damaged units at the Fukushima nuclear power plant were not designed to withstand a Tsunami of a severity which – based on historical comparisons – was not extraordinarily high and happens once every few generations. In contrast, Swiss nuclear power plants are required to withstand natural events of a severity such that they occur only once every 10 000 years. Only an event exceeding such a level would fit appropriately into the concept of residual risk. Moreover, the design of the plants must be able to withstand any event other than that exceeding the 10 000 year criteria. ENSI weighs up the outcome of its evaluations against this fundamental requirement. Further details can be found in the separate sections dedicated to each nuclear power plant.



Hans Wanner



# 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 (KKW), die Zwischenlager bei den Kraftwerken, das Zentrale Zwischenlager 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, ob die Vorschriften eingehalten werden und die Betriebsführung gesetzeskonform erfolgt. Zu seinem Aufsichtsbereich gehören auch 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 Betriebspersonal, 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 dieses Aufsichtsberichts. Die gültigen Richtlinien sind zudem auf der Website des ENSI ([www.ensi.ch](http://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 Ereignisse und Befunde in den Kernanlagen zu informieren. Zu spezifischen Themen orientiert es auch im Rahmen von Veranstaltungen.

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.

Die Berichte werden auch im Internet unter [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch) publiziert.

## Inhalt des vorliegenden Berichts

Das ENSI berichtet in den Kapiteln 1 bis 4 des vorliegenden Aufsichtsberichts über das Betriebsgeschehen, wesentliche Arbeiten, den Strahlenschutz, die Betriebsführung etc. der Kernkraftwerke Beznau 1 und 2, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. Am Schluss dieser Kapitel legt es seine Sicherheitsbewertung zu jedem KKW dar.

Im Kapitel 5 wird über das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen gesprochen. Die Kapitel 6 und 7 behandeln die Aufsicht über die nuklearen Anlagen des Paul Scherrer Instituts sowie über die Forschungsreaktoren der Universität Basel und der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne. Kapitel 8 ist den Transporten radioaktiver Stoffe von und zu den schweizerischen Kernanlagen gewidmet. Im Kapitel 9 wird die Begutachtung der drei Rahmenbewilligungsgesuche für neue Kernkraftwerke erwähnt. Kapitel 10 gibt Auskunft über die Arbeiten im Rahmen des Sachplans zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle und Kapitel 11 über anlagenübergreifende Aspekte. Im Anhang finden sich erläuternde 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 39 meldepflichtigen Vorkommnisse im Jahr 2010 verteilen sich wie folgt auf die Schweizer Kernanlagen: 4 Vorkommnisse betrafen beide Blöcke des Kernkraftwerks Beznau, 3 den Block 1 und 3 den Block 2; 10 Vorkommnisse betrafen das Kernkraftwerk Gösgen, 6 das Kernkraftwerk Leibstadt, 13 das Kernkraftwerk Mühleberg.

Auf der von 0 bis 7 reichenden international gültigen Ereignisskala INES ordnete das ENSI 38 der 39 Vorkommnisse des vergangenen Jahres in den Kernkraftwerken der Stufe 0 zu. Das Vorkommnis vom 31. August 2010 während der Revisionsarbeiten im Kernkraftwerk Leibstadt ordnete es der INES-Stufe 2 zu. Dabei wurde bei einem Taucher die zulässige Strahlendosis von 20 Millisievert (mSv) pro Jahr überschritten. Hinweise auf eine Übertretung des Strahlenschutzgesetzes bei dem Vorfall liegen nicht vor.

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 300 Inspektionen, die das ENSI jährlich durchführt.

## **Zentrales Zwischenlager Würenlingen**

Das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen umfasst mehrere Zwischenlagergebäude, die Konditionierungsanlage und die Plasma-Anlage (Verbrennungs- und Schmelzanlage). Ende 2010 befanden sich in der Behälterlagerhalle 34 Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen sowie sechs Behälter mit Stilllegungsabfällen aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens. Der Belegungsgrad betrug Ende 2010 rund 17 % im HAA-Lager und 22 % im MAA-Lager.

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

Im ZWILAG registrierte das ENSI im Jahr 2010 keine meldepflichtigen Vorkommnisse.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die ZWILAG die bewilligten Betriebsbedingungen im Jahr 2010 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.

Die Rückbauarbeiten an den beiden Forschungsreaktoren DIORIT und SAPHIR erfolgten aus radiologischer Sicht korrekt. Der Forschungsreaktor PROTEUS wurde vorschriftsgemäss betrieben.

In den Kernanlagen des PSI ereigneten sich im Jahr 2010 zwei hinsichtlich der nuklearen Sicherheit meldepflichtige Vorkommnisse der INES-Stufe 0. Keine Vorkommnisse verzeichnete das ENSI bei den beiden Forschungsreaktoren der ETH Lausanne und der Universität Basel.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass im Jahr 2010 sowohl beim PSI als auch bei den Forschungsreaktoren von Lausanne und Basel die bewilligten 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**

Aufgrund des zehnjährigen Moratoriums finden bis 2016 keine Transporte bestrahlter Brennelemente ins Ausland statt. Im Jahr 2010 fanden mehrere Rücklieferungen von radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in La Hague in Frankreich statt. Bei allen Transporten von Brennelementen und radioaktiven Abfällen wurden die gefahrgutrechtlichen Vorschriften und die Strahlenschutzlimiten eingehalten.

## Rahmenbewilligungsverfahren für neue KKW

Die drei Unternehmen «Ersatz Kernkraftwerk Beznau AG» (EKKB AG), «Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG» (EKKM AG) und «Kernkraftwerk Niederramt AG» (KKN AG) hatten im Jahre 2008 beim Bundesamt für Energie (BFE) je ein Rahmenbewilligungsgesuch für neue Kernkraftwerke eingereicht.

Das ENSI hat im Auftrag des BFE die Gesuchunterlagen überprüft und drei Gutachten publiziert. Nach dem schweren Reaktorunfall im japanischen Fukushima im März 2011 hat der Bundesrat das Bewilligungsverfahren für neue Kernkraftwerke in der Schweiz sistiert.

## Geologische Tiefenlagerung

Im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager hatte die Nagra in der ersten Etappe mögliche Standortgebiete für geologische Tiefenlager für schwach- und mittelaktive sowie für hochak-

tive Abfälle vorgeschlagen. Das ENSI hat die eingereichten Vorschläge überprüft und dazu ein sicherheitstechnisches Gutachten erstellt, das am 26. Februar 2010 anlässlich einer Medienkonferenz in Bern veröffentlicht wurde. Dabei stellt das ENSI fest, dass das Vorgehen der Nagra transparent und nachvollziehbar war, die verwendete geologische Literatur vollständig ist und alle vorgeschlagenen Standortgebiete die Eignungskriterien erfüllen. Das ENSI stimmt deshalb dem Vorschlag zu und empfiehlt, alle vorgeschlagenen Standortgebiete in der zweiten Etappe des Sachplanverfahrens weiter zu betrachten.

Die mit internationaler Beteiligung betriebene Forschungstätigkeit der Nagra in den beiden Felslaboratorien Grimsel (Kristallingestein) und Mont Terri (Opalinuston) wurde 2010 fortgesetzt. Das ENSI führt im Mont Terri ein Experiment zur Erfassung des felsmechanischen Verhaltens des Opalinustons durch. Zudem beteiligt es sich an zwei weiteren Experimenten zur Untersuchung des Austrocknungsverhaltens des Opalinustons sowie zur Evaluation einer neuen Methode zur Messung von Durchlässigkeiten.

# 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 réacteurs nucléaires, les entrepôts situés dans les centrales, le Centre de stockage intermédiaire de Würenlingen, les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (PSI), de l'Université de Bâle et de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Les inspections, entretiens de surveillance, contrôles et analyses, ainsi que les rapports des exploitants lui permettent d'acquiescer 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 aussi 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 exploitant, 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 Internet de l'IFSN ([www.ensi.ch](http://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 sur les événements et constats

particuliers dans les installations nucléaires. Son information sur des thèmes plus spécifiques se poursuit dans le cadre de manifestations.

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.

Ces rapports peuvent être consultés sur Internet, à l'adresse [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch).

## Contenu du présent rapport

Les chapitres 1 à 4 du présent rapport de surveillance décrivent le déroulement de l'exploitation, les travaux essentiels, la radioprotection, l'organisation et la gestion des centrales nucléaires de Beznau 1 et 2, Mühleberg, Gösgen et Leibstadt. A la fin de chacun des chapitres concernés, l'IFSN donne aussi son appréciation de la sûreté de chacune de ces installations.

Le chapitre 5 est consacré au Centre de stockage intermédiaire ZWILAG à Würenlingen. Les chapitres 6 et 7 traitent des activités de surveillance que l'IFSN exerce sur les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer et sur les réacteurs de recherche de l'Université de Bâle et de l'École polytechnique fédérale de Lausanne, EPFL. Le chapitre 8 aborde les transports de matières radioactives en provenance et à destination des installations nucléaires suisses. Le chapitre 9 traite de l'expertise des trois demandes d'autorisation générale pour de nouvelles centrales nucléaires. Le chapitre 10 informe des travaux réalisés dans le cadre du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes pour déchets radioactifs» et le chapitre 11 évoque d'autres aspects de la surveillance nucléaire des installations. Les tableaux et figures en annexe complètent le rapport.

## Centrales nucléaires

Pour 2010, 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 et d'agrément fixés par la loi, à l'égard des autorités de surveillance. Toutes les installations témoignent d'un bon état de sécurité.

Les 39 événements notifiés en 2010 dans les installations nucléaires suisses se répartissent comme suit: quatre événements dans les deux tranches de la centrale nucléaire de Beznau, ainsi que trois dans la tranche 1 et trois autres dans la tranche 2; dix événements dans la centrale nucléaire de Gösgen, six dans celle de Leibstadt et 13 dans celle de Mühleberg.

L'IFSN a classé 38 des 39 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. L'événement du 31 août 2010, qui a eu lieu pendant les travaux de révision de la centrale nucléaire de Leibstadt, a été classé au niveau 2 de l'échelle INES. La dose d'irradiation admissible de 20 millisieverts (mSv) par an a été dépassée pour un plongeur. Il n'y a pas pour cet incident d'indication d'infraction à la loi sur la radioprotection.

L'IFSN évalue la sûreté de toute centrale nucléaire dans le cadre d'une évaluation systématique de la sécurité. En plus des événements notifiables, on tient compte d'autres éléments, notamment des résultats des plus de 300 inspections réalisées chaque année par l'IFSN.

### **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 2010, la halle des conteneurs abritait 34 conteneurs de transport et d'entreposage avec assemblages combustibles usés et coquilles de verre, ainsi que six conteneurs de déchets de démantèlement provenant de la centrale nucléaire expérimentale de Lucens. Fin 2010, le taux d'occupation était d'environ 17% dans le dépôt DHA et 22% dans le dépôt DFMA.

Deux campagnes d'incinération et de fusion des déchets radioactifs ont eu lieu en 2010.

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

L'IFSN en conclut que ZWILAG a respecté en 2010 les conditions d'exploitation autorisées.

### **Institut Paul Scherrer (PSI) et réacteurs de recherche de Bâle et de Lausanne**

Les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (PSI), 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'entre-pôt fédéral pour déchets radioactifs, sont placées sous la surveillance de l'IFSN.

Les travaux de démantèlement des deux réacteurs de recherche DIORIT et SAPHIR se sont déroulés sans incident radiologique. Le réacteur de recherche PROTEUS a été exploité conformément aux prescriptions.

En 2010, deux événements relatifs à la sûreté nucléaire, classés au niveau 0 sur l'échelle INES, ont été notifiés dans les installations nucléaires du PSI. L'IFSN n'a notifié aucun événement dans les réacteurs de recherche de l'EPFL et de l'Université de Bâle.

L'IFSN en conclut que tant le PSI que les réacteurs de recherche de Lausanne et de Bâle ont respecté en 2010 les conditions d'exploitation autorisées.

### **Rejets de substances radioactives**

L'année dernière, 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, du PSI 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**

En raison du moratoire de dix ans, il n'y aura pas de transport à l'étranger d'assemblages combustibles usés jusqu'en 2016. En 2010, plusieurs retours de déchets radioactifs provenant du retraitement à la Hague en France ont eu lieu. Tous les transports d'assemblages combustibles et de dé-

chets radioactifs se sont déroulés dans le respect des prescriptions en vigueur pour le transport de marchandises dangereuses et des limites de la radioprotection.

### **Procédure d'autorisation générale pour de nouvelles centrales nucléaires**

Les trois sociétés «Ersatz Kernkraftwerk Beznau AG» (EKKB AG), «Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG» (EKKM AG) et «Kernkraftwerk Niederramt AG» (KKN AG) ont chacune soumis en 2008 auprès du Département fédéral de l'énergie (OFEN) une demande d'autorisation générale pour de nouvelles centrales nucléaires.

A la demande de l'OFEN, l'IFSN a vérifié les documents de requête et elle a publié ses trois expertises. En mars 2011, après l'accident à Fukushima (Japon), le Conseil fédéral suspendait les procédures d'autorisation générale pour de nouvelles centrales nucléaires.

### **Stockage en couches géologiques profondes**

Dans le cadre du plan sectoriel «Dépôt en couches géologiques profondes», la Nagra avait proposé, dans la première étape, des régions de site possibles pour des dépôts géologiques profonds pour déchets de faible et de moyenne activité, ainsi que pour déchets de haute activité. L'IFSN a contrôlé les propositions soumises et élaboré une expertise sur la sûreté, qui a été publiée le 26 février 2010 à l'occasion d'une conférence de presse qui s'est tenue à Berne. L'IFSN constate que la démarche de la Nagra est transparente et réalisable, que la littérature géologique utilisée est complète et que toutes les régions de site proposées remplissent les critères d'aptitude. L'IFSN approuve donc la proposition et recommande de poursuivre l'étude de toutes les régions de site proposées dans la deuxième étape de la procédure du plan sectoriel.

L'activité de recherche de la Nagra s'est poursuivie en 2010 avec une participation internationale dans les deux laboratoires souterrains du Grimsel (roche cristalline) et du Mont Terri (argiles à Opalinus). L'IFSN réalise au Mont Terri une expérience sur l'identification du comportement géo-mécanique des argiles à Opalinus. Par ailleurs, elle participe à deux autres expériences, l'une sur l'analyse du comportement dessiccateur des argiles à Opalinus, l'autre sur l'évaluation d'une nouvelle méthode de mesure des perméabilités.

# Summary and overview

## ENSI

Acting as the regulatory body of the Swiss Federation, the Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, ENSI assesses and monitors nuclear facilities in Switzerland. This includes the five nuclear power plants (NPPs), the plant-based interim storage facilities, the Central Interim Storage Facility at Würenlingen together with the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI) and the two universities of Basel and Lausanne. Using a mixture of inspections, surveillance meetings, reviews and analyses as well as reports from individual plant licensees, ENSI obtains the required overview of the nuclear safety of the nuclear facilities that it has inspected. ENSI monitors whether facilities observe the regulations and whether operations comply with the legislative framework. In addition, its regulatory remit includes the transport of radioactive materials from and to nuclear facilities and the preparations for a deep geological repository for radioactive waste. ENSI maintains its own emergency organisation, which is an integral part of the national emergency structure and would be activated if there were a serious incident in a Swiss nuclear facility.

The legislative framework for the ENSI surveillance is as follows: the Nuclear Energy Act (NEA), the Nuclear Energy Ordinance (NEO), the Radiological Protection Act (StSG - only in German), the Radiological Protection Ordinance (StSV - only in German) together with other ordinances and regulations on reactor safety, training of operating personnel, emergency preparedness, the transport of radioactive materials and the deep geological repository. In turn, this legislative framework provides the basis for the guidelines compiled and updated by ENSI. They specify the criteria by which it evaluates the activities and 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](http://www.ensi.ch)).

ENSI publishes regular reports on its surveillance activities and the nuclear safety of Swiss nuclear facilities. In so doing, it discharges its legal obligation to provide the public with information on particular events and observations relating to nuclear

facilities. ENSI also organises conferences in order to disseminate information on specific topics.

This Surveillance Report is a part of the regular reporting system of ENSI. Each year, it also publishes a Radiological Protection Report and a Research and Experience Report. The original language for all reports is German with introductions and summaries translated into French and English.

The reports are also available on the ENSI website at [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch).

## Content of this Report

Chapters 1 to 4 of this Surveillance Report deal with the operations, essential work, radiological protection, operational management, etc of the nuclear power plants Beznau 1 and 2, Mühleberg, Gösgen and Leibstadt. At the end of these chapters, ENSI gives a safety evaluation for the individual nuclear power station.

Chapter 5 deals with the Central Interim Storage Facility (ZWILAG) at Würenlingen.

Chapters 6 and 7 deal with the surveillance of nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI) and the research reactors at the University of Basel and the Federal Institute of Technology in Lausanne (EPFL). Chapter 8 deals with the transport of radioactive materials from and to nuclear facilities in Switzerland. Chapter 9 deals with the expert reports prepared in response to the general licence applications for the three new nuclear power plants. Chapter 10 provides information on work completed as part of the Sectoral Plan for a deep geological repository for radioactive waste. Chapter 11 deals with generic aspects not specific to an individual facility and the Appendix contains a series of explanatory tables and diagrams.

## Nuclear Power Plants

The five nuclear power plants (NPPs) in Switzerland (Beznau Units 1 und 2, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt) were all operated safely last year. ENSI concluded that they had complied with the approved operating conditions. Licensees had complied with their statutory reporting obliga-

tions towards the regulator. All plants were rated as «good» in terms of nuclear safety.

In 2010, there were 39 notifiable events in Switzerland, distributed between the nuclear facilities as follows: 4 events affected both Beznau Units, 3 were in Unit 1 and 3 in Unit 2; there were 10 events in the Gösgen NPP, 6 in the Leibstadt NPP and 13 in the Mühleberg NPP.

Based on the International Nuclear Event Scale (INES) of 0 – 7, ENSI rated 38 of the 39 events last year in NPPs as Level 0. ENSI rated as INES Level 2 the event on 31 August 2010 during maintenance work at the Leibstadt NPP. In this incident, a diver was exposed to radiation in excess of the maximum annual exposure rate of 20 millisievert (mSv). There was no evidence that the event breached radiological protection legislation.

ENSI evaluates the safety of each nuclear power plant by conducting a systematic safety evaluation. This reflects not only notifiable events but also other findings, in particular the results of the more than 300 inspections conducted each year by ENSI.

### **Central Interim Storage Facility at Würenlingen**

The Central Interim Storage Facility (ZWILAG) at Würenlingen consists of several interim storage halls, a conditioning plant and the plasma plant (incineration/melting plant). At the end of 2010, the cask storage hall contained 34 transport/storage casks with spent fuel assemblies and vitrified residue packages plus 6 casks with decommissioning waste from the experimental nuclear power plant at Lucens. At the end of 2010, about 17% of the capacity of the HLW store was in use and about 22% of the ILW store capacity.

During the year, ZWILAG conducted two campaigns to incinerate and melt radioactive waste. ENSI recorded no notifiable events in ZWILAG during 2010.

ENSI concluded that ZWILAG had complied with its approved operating conditions during 2010.

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

ENSI is also responsible for the surveillance of the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI), e.g. the PROTEUS research reactor, the hot labo-

ratory, the collection point for radioactive waste from medicine, industry and research together with the Federal Interim Storage Facility.

From the radiological standpoint, decommissioning work at the two research reactors DIORIT and SAPHIR continued correctly. The PROTEUS research reactor was operated in compliance with regulations.

There were 2 notifiable incidents at the PSI nuclear facilities in 2010 with a relevance to nuclear safety and both were rated as INES Level 0. ENSI recorded no notifiable events at the two research reactors at the Federal Institute of Technology in Lausanne and the University of Basel.

ENSI concluded that both PSI and the research reactors at Lausanne and Basel had complied with the approved operating conditions during 2010.

### **Release of radioactive materials**

In 2010, the amount of radioactive material released into the environment via waste water and gaseous exhaust from the nuclear power plants, the Central Interim Storage Facility, the PSI and the nuclear facilities at Basel and Lausanne was considerably lower than the limits specified in 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**

As a result of the 10-year moratorium, no spent fuel assemblies are being transported abroad until 2016. In 2010, several consignments of radioactive waste were returned to Switzerland following reprocessing at La Hague in France. All consignments of fuel assemblies and radioactive waste were transported in accordance with the limits specified in the regulations on the transport of hazardous waste and radiological protection.

### **General licensing procedure for new NPPs**

In 2008, three companies, «Ersatz Kernkraftwerk Beznau AG» (EKKB AG), «Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG» (EKKM AG) and «Kernkraftwerk Niederramt AG» (KKN AG) each submitted a gen-

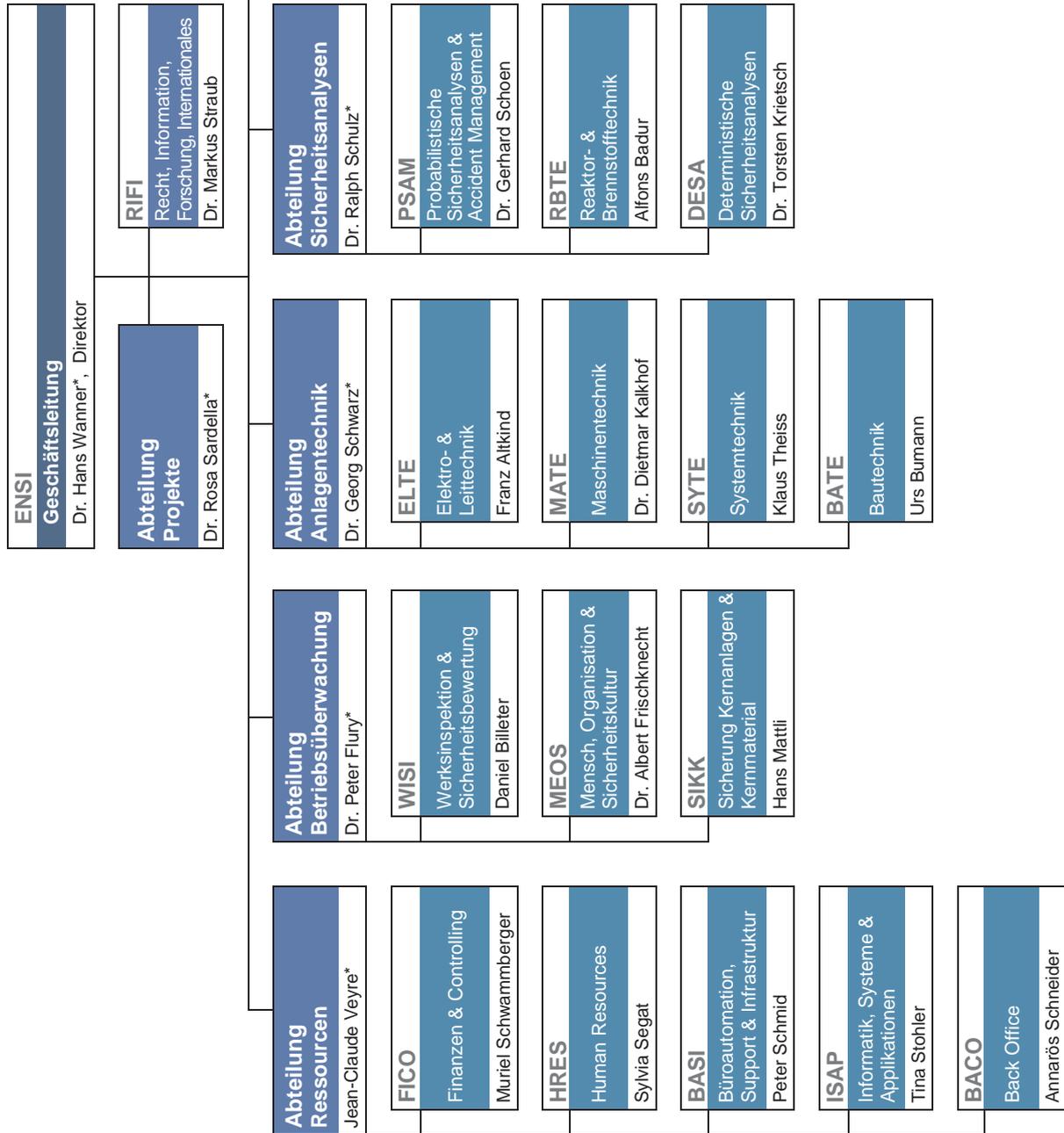
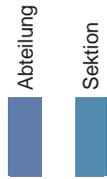
eral license application to the Swiss Federal Office of Energy (SFOE) for a new nuclear power plant. ENSI reviewed the application documents on behalf of the SFOE and made its findings public in three Expert Reports. After the accident of Fukushima (Japan) in March 2011, the Swiss Federal Council suspended all applications for general licenses for the construction of new nuclear power plants.

### **Geological Deep Repository**

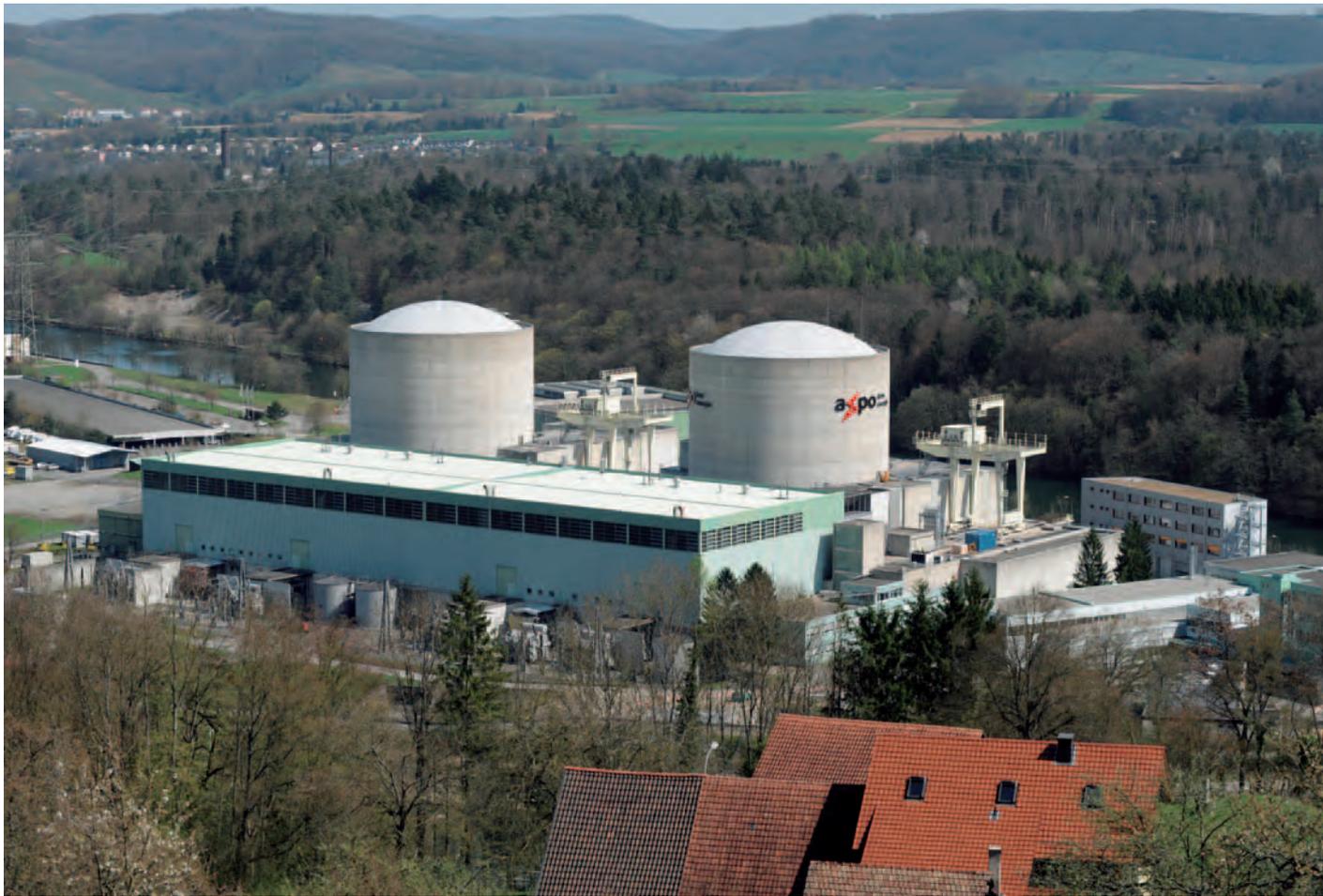
As part of the Sectoral Plan for a deep geological repository, NAGRA completed Stage 1 of the process and put forward several possible locations for geological repositories for low, medium and high-level waste. ENSI reviewed these proposals and compiled a safety report. This report was released

on 26 February 2010 at a media conference in Bern. ENSI concluded that the procedure adopted by NAGRA was transparent and understandable, the geological references were complete and that each of the proposed locations met the suitability criteria. As a result, ENSI approved the proposals and recommended that further consideration should be given to all locations as part of Stage 2 of the process.

During 2010, NAGRA, working with international partners, continued its research at the Rock Laboratories of Grimsel (crystalline rock) and Mont Terri (Opalinus clay). ENSI conducted an experiment at Mont Terri to determine the rock mechanical behaviour of Opalinus clay. In addition it participated in two other experiments: one to determine the properties of Opalinus clay on drying out and the other to evaluate a new method for measuring porosity.



\* Mitglieder der Geschäftsleitung



Blick auf das  
Kernkraftwerk Beznau.  
Foto: ENSI

# 1. Kernkraftwerk Beznau

## 1.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2010 war im Kernkraftwerk Beznau (KKB) durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb geprägt. Das ENSI stellt fest, dass das KKB die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten hat. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKB im Jahr 2010 hinsichtlich Auslegungsvorgaben in beiden Blöcken als gut, hinsichtlich Betriebsvorgaben in beiden Blöcken als hoch, hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage in beiden Blöcken als gut sowie hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation im Block 1 als gut und im Block 2 als hoch. Die unterschiedliche Bewertung bezüglich Mensch und Organisation basiert darauf, dass das ENSI in einem Block gemachte Feststellungen zum Personalverhalten gezielt bei der Bewertung dieses Blocks berücksichtigt.

Das KKB umfasst zwei weitgehend baugleiche Zwei-Loop-Druckwasserreaktor-Blöcke (KKB 1

und KKB 2), die in den Jahren 1969 bzw. 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 drei meldepflichtigen Vorkommnissen. Sie wurden alle der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt.

Während des 59-tägigen Revisionsstillstands wurden umfangreiche Prüfungen an den Bodendurchführungen des Reaktordruckbehälters durchgeführt. Der Ersatz der Kernumfassungsschrauben und der Regelstabführungsrohr-Zentrierstifte bestimmten weitgehend die Stillstandsarbeiten.

Im **Block 2** kam es zu drei meldepflichtigen Vorkommnissen. Sie wurden alle der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt.

Vier weitere meldepflichtige Vorkommnisse betrafen beide Blöcke. Sie wurden alle der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt.

Während des 37-tägigen Revisionsstillstands wurden unter anderem Brennelemente ausgewechselt und Kernumfassungsschrauben ersetzt. Daneben wurden insbesondere System- und Komponententests beim Abfahren sowie beim Wiederanfahren der Anlage durchgeführt.

Im Berichtsjahr 2010 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 zu erwartenden Umfang aufgrund der durchgeführten Arbeiten.

Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 111 Inspektionen durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Drei Reaktoroperatoren, ein Schichtchef und ein Pikettingenieur bestanden ihre Zulassungsprüfung. Vier Reaktoroperator-Anwärter absolvierten die theoretische Grundausbildung an der Reaktorschule des Paul Scherrer Instituts oder an der Kerntechnischen Kursstätte Ulm erfolgreich.

## 1.2 Betriebsgeschehen

Die Blöcke KKB 1 und KKB 2 erreichten im Jahr 2010 eine Arbeitsausnutzung<sup>1</sup> von 83,8 % bzw. 89,4 % und eine Zeitverfügbarkeit<sup>2</sup> von 83,9 % bzw. 89,8 %, wobei der unproduktive Anteil jeweils im Wesentlichen auf den Revisionsstillstand zurückzuführen war.

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 2010 auf insgesamt 192,9 GWh.

Im **Block 1** dauerte der Revisionsstillstand 59 Tage, im **Block 2** 37 Tage. Im Rahmen einer Systemdienstleistung wurde die elektrische Leistung im Block 1 am 15. November 2010 der beiden Turbinen für ca. 6 Stunden um je 25 MW reduziert.

Im **Block 1** ereigneten sich 2010 drei meldepflichtige Vorkommnisse, welche vom ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt wurden. Für die Bewertung aller Vorkommnisse im KKB aus den Perspektiven gestaffelte Sicherheitsvorsorge und Schutzziele sei auf Kap. 1.8 verwiesen, für die risikotechnische Beurteilung auf Kap. 11.1.2.

■ Bei den Inspektionen des Reaktordeckels wurden am 23. Mai 2010 im oberen Bereich der Regelstab-Antriebsstangengehäuse zusätzlich zu den bereits bekannten Borsäureablagerungen zwei neue festgestellt. Bei der Demontage der Antriebs- und Positionsspulen der Regelstäbe wurden am 29. Mai 2010 auch im mittleren Bereich an drei Antriebsstangengehäusen Borsäureablagerungen gefunden. Die Borsäureablagerungen waren geringfügig. Alle betroffenen Gehäuse wurden mit einem qualifizierten Verfahren repariert.

■ Während des Revisionsstillstands 2010 wurden mit einem verfeinerten Messraster Wanddickmessungen an Rohrbögen von Frischdampfleitungen durchgeführt. Dabei stellte das KKB an einem Rohrbogen eine Unterschreitung der geforderten Wandstärke fest. Diese Unterschreitung wurde sicherheitstechnisch bewertet. Ein Weiterbetrieb dieses Bogens ist befristet zulässig, er muss aber instand gesetzt werden. Weil keine Hinweise auf einen strömungsbedingten Materialabtrag vorliegen, ist davon auszugehen, dass die Wanddickenschwächung herstellungsbedingt ist und seit Inbetriebnahme der Anlage besteht. Das KKB plant, den betroffenen Frischdampfleitungsbogen im Revisionsstillstand 2014 zu ersetzen. Weil die Spannungen im Normalbetrieb im zulässigen Bereich sind und keine Hinweise bestehen, dass die Wanddicke betriebsbedingt abnimmt, stimmt das ENSI einem befristeten Weiterbetrieb mit dem leicht geschwächten Rohrbogen zu. Das Vorkommnis hat eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Der Betrieb der Anlage wurde nicht beeinträchtigt. Bereits früher sind in beiden Blöcken des KKB an Frischdampfleitungsbögen herstellungsbedingte Wanddickenschwächungen identifiziert worden. Bögen, deren Weiterbetrieb nur befristet zulässig ist, wurden teilweise bereits ersetzt oder deren Ersatz ist in Vorbereitung.

■ Am 26. Juli 2010 ergab die routinemässig durchgeführte Messung einen unerwarteten Anstieg des Lithiumgehaltes im Primärkühlmittel auf 2,84 ppm. Die in der Technischen Spezifikation

<sup>1</sup> Arbeitsausnutzung: produzierte Energie bezogen auf die Nennleistung und eine hundertprozentige Zeitverfügbarkeit

<sup>2</sup> Zeitverfügbarkeit: Zeitanteil, in dem das Werk im Kalenderjahr im Betrieb oder in betriebsbereitem Zustand war.

on festgehaltene Limite von 2,5 ppm für den Lithiumgehalt im Primärkühlmittel wurde damit leicht überschritten. Der Lithiumgehalt wurde mit einem Ionentauscher umgehend wieder in den zulässigen Bereich reduziert. Ursache für die Erhöhung war eine unerwartete Abgabe von Lithium durch einen Mischbett-Ionentauscher. Durch die kurzzeitige geringfügige Überschreitung der Lithiumlimite war die Korrosionsprävention zum Schutz der Brennelement-Hüllrohre kurzfristig weniger wirksam. Dies hatte jedoch nach heutiger Erkenntnis keinen relevanten Einfluss auf die Integrität der Brennelement-Hüllrohre und auf die Komponenten des Primärkreises. Der Grenzwert von 2,5 ppm Lithium der Technischen Spezifikation ist im internationalen Kontext als konservativ zu beurteilen. In anderen DWR-Anlagen sind bis 3,5 ppm zulässig.

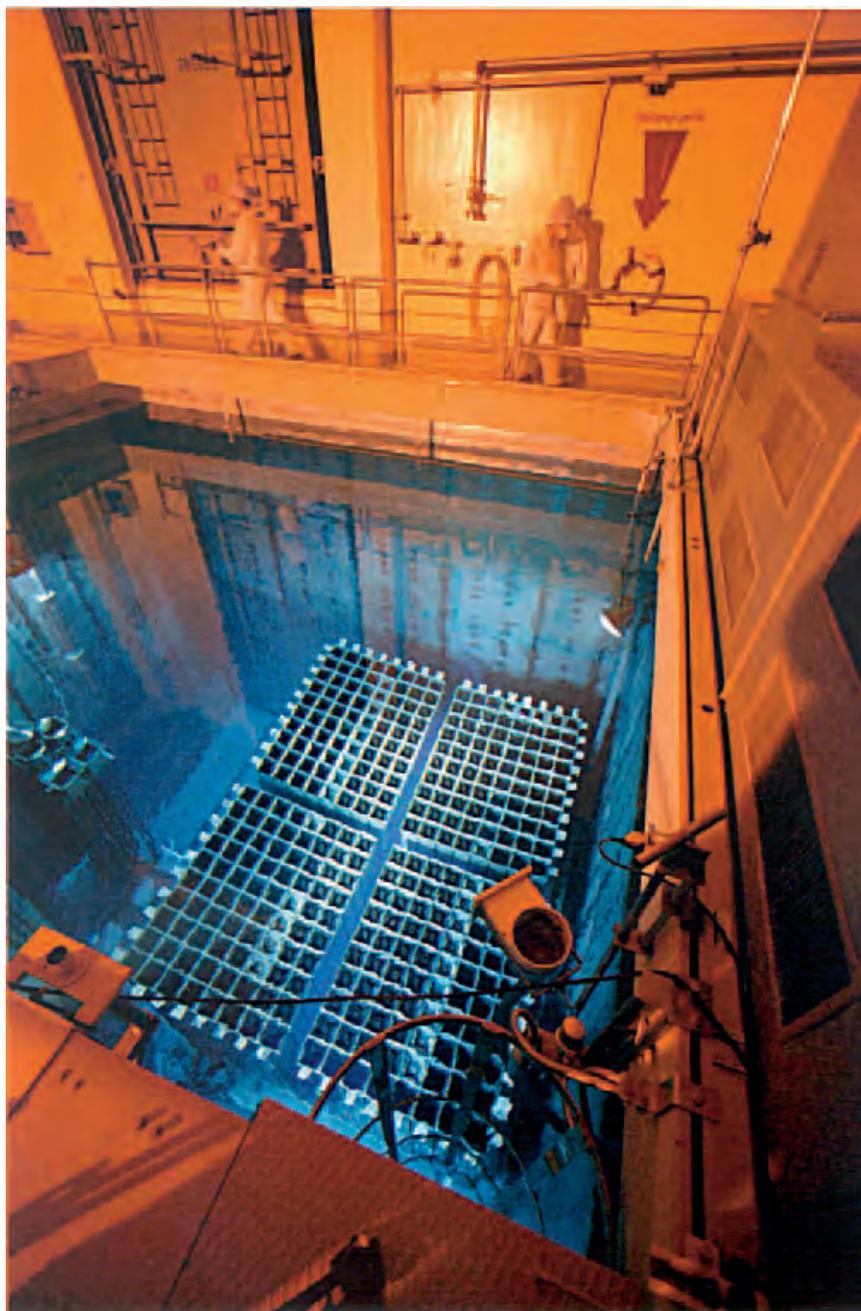
Im **Block 2** ereigneten sich in diesem Jahr drei Vorkommnisse. Alle wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt.

■ Am 12. Januar 2010 zeigten die chemischen Daten des Abschlammwassers der Dampferzeuger ein Eindringen von Wasser aus dem primären Nebenkühlwassersystem in das Dampferzeuger-Abschlammssystem. Als Ursache wurde eine Undichtigkeit des Abschlammkühlers A vermutet. Die Abschlammung wurde sofort auf den Kühler B umgeschaltet und das Rohrbündel des Kühlers A zur Inspektion ausgebaut. Nach Reinigung und Dichtheitsprüfung des Rohrbündels wurden einige undichte Kühlerrohre festgestellt und mit Schweisszapfen verschlossen. Ursache für die Kühlerrohrschädigung war das bei starker Kühlerverkalkung bis zu diesem Zeitpunkt verwendete chloridionenhaltige Entkalkungsmittel. Der im betroffenen Kühler als Werkstoff eingesetzte Edelstahl ist empfindlich auf chloridinduzierte Spannungsrisskorrosion. Der instand gesetzte Abschlammkühler wurde wieder eingebaut. Die auslegungsgemässe Funktion der Dampferzeuger-Abschlammung und die Qualität des Dampferzeugerwassers waren durch dieses Ereignis nicht betroffen.

■ Während eines Kontrollrundgangs am 29. März 2010 stellte ein Operateur aufgrund von Geräuschen starke Vibrationen an einer Ölpumpe des Abblasesystems fest. Eine der beiden Ölpumpen für die hydraulische Steuerung der Frischdampf-Abblaseventile ist ständig im Langsamgang in Betrieb, um die Betriebsbereitschaft der Abblaseventile sicherzustellen. Diese Ventile werden zur Störfallbeherrschung benötigt und

können auch für das betriebliche Abkühlen der Anlage eingesetzt werden. Im Anforderungsfall läuft auch die zweite Ölpumpe automatisch an und beide Pumpen werden im Schnellgang betrieben. Aufgrund des festgestellten Betriebsverhaltens startete der Operateur die andere Pumpe und stoppte die defekte Pumpe. Ursache für die Vibrationen der Pumpe war ein defektes Zylinderrollenlager an der Zwischenwelle zwischen Motor und Pumpe. Die Pumpen werden alle sechs Jahre revidiert. Das Revisionsintervall hat sich bisher im Allgemeinen bewährt. Im Jahr 2004 war es jedoch zu einem ähnlichen Lagerschaden gekommen. Da für die hydraulische Steuerung der Frischdampf-Abblaseventile eine der beiden Ölpumpen ausreicht, war

Brennelement-Lagerbecken.  
Foto: KKB



die Abblasefunktion jederzeit verfügbar. Die für die Störfallbeherrschung verwendeten Abblaseventile lassen sich zudem auch manuell öffnen. Nach dem Austausch der defekten Pumpe gegen eine baugleiche Reservekomponente waren nach rund 10 Stunden wieder beide Abblasepumpen betriebsbereit. Das Vorkommnis hatte eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Der Betrieb der Anlage wurde nicht beeinträchtigt.

- Das KKB verfügt unter anderem über Notstromschiene, die vom benachbarten Wasserkraftwerk Beznau versorgt werden und über Transformatoren mit dem 50-kV-Netz verbunden sind. Am 29. Juni 2010 öffneten störungsbedingt die Spaltfeldschalter einer solchen Notstromschiene und trennten diese vom 50-kV-Netz. Die Notstromschiene schaltete daraufhin auslegungsgemäss automatisch auf Inselbetrieb. So blieb die elektrische Versorgung der betroffenen Notstromschiene weiterhin durch die aufgeschalteten Generatoren des Wasserkraftwerks gewährleistet. Im Kommandoraum des Wasserkraftwerks fand zu dieser Zeit ein Test mit einem neuen Bedienungssystem statt. Ursache der unerwarteten Auslösung der Spaltfeldschalter war eine falsche Adressenbelegung in der in die neue Leitebene zu importierenden Datenbank. Nach der Abklärung der Störungsursache wurden die Spaltfeldschalter wieder geschlossen.

Die nachfolgend beschriebenen Vorkommnisse betreffen beide Blöcke. Es handelt sich um vier Vorkommnisse, welche vom ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt wurden:

Blick auf eines der beiden Reaktorgebäude in der Beznau.  
Foto: ENSI



- Am 18. Februar 2010 öffneten die Spaltfeldschalter einer Notstromschiene im Wasserkraftwerk Beznau durch das Ansprechen der Erdschlussüberwachung. Die Notstromschiene schaltete auslegungsgemäss automatisch auf Inselbetrieb. Eine Ursache für die Auslösung konnte nicht gefunden werden. Das aufgebotene Pikett konnte den Erdschlussalarm quittieren und die Spaltfeldschalter wieder schliessen.

- Am 28. April 2010 öffneten die Spaltfeldschalter einer Notstromschiene im Wasserkraftwerk Beznau wiederholt durch das Ansprechen der Erdschlussüberwachung. Die Notstromschiene schaltete wiederum automatisch auf Inselbetrieb. Die durchgeführten Kontrollen ergaben keinen Hinweis auf einen bestehenden Erdschluss. Die Spaltfeldschalter wurden wieder geschlossen. Vier Stunden später erfolgte eine erneute Umschaltung auf Inselbetrieb. Bei der anschliessenden Kontrolle wurde ein verletzter Marder in der Transformatorenanlage aufgefunden. Nach weiteren Abklärungen wurde zwei Stunden später wieder der Normalbetrieb erstellt. Es durfte davon ausgegangen werden, dass das wiederholte Ansprechen der Erdschlussüberwachung durch den Marder verursacht worden war und auch die Störung vom 18. Februar auf die gleiche Ursache zurückzuführen war.

- Am 22. Juli 2010 öffneten die Spaltfeldschalter einer Notstromschiene im Wasserkraftwerk Beznau wegen einer externen Netzstörung. Auslegungsgemäss erfolgte eine automatische Umschaltung der Notstromschiene auf Inselbetrieb. Im Anschluss an die Störungsbehebung wurde wieder Normalbetrieb erstellt. Der normale Leistungsbetrieb beider Kernkraftwerke war durch alle diese Störungen nicht beeinträchtigt. Alle vier Vorkommnisse, bei denen sich eine Notstromschiene infolge geöffneter Spaltfeldschalter temporär im Inselbetrieb befand, hatten eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit. In allen Fällen wurde die Störung innerhalb der gemäss Technischer Spezifikation zulässigen Zeit behoben. Im Rahmen des Projekts AUTANOVE wird eine autarke Notstromversorgung für das KKB erstellt. Damit wird das Wasserkraftwerk für die Notstromversorgung des KKB nicht mehr benötigt.

- Am 21. Dezember 2010 meldete das KKB nach der jährlichen Kontrolle des SAA-Lagers im ZWI-BEZ an drei Abfallgebinden leichte Korrosionen am Fassmantel. Es handelt sich um Abfallgebin-

de, die in den Jahren 1985 bis 1986 am PSI/EIR konditioniert worden waren. An den Gebindeoberflächen ist keine Kontamination nachweisbar und ein Austritt radioaktiver Stoffe ist aufgrund der kleinen Korrosionsstellen und dem sehr niedrigen Aktivitätsinventar im Gebinde nicht zu erwarten. Zudem ist der Abfall in einer Zementmatrix fixiert. Die lokalen Korrosionen können auf die Bildung von galvanischen Elementen zwischen Fassmantel und metallischem Abfall oder auf pH-Wert-senkende Materialien in der Zementmatrix zurückgeführt werden. Die Gebinde können weiterhin ohne Einschränkung mit den vorhandenen Einrichtungen gelagert und transportiert werden. Alle im SAA-Lager ZWIBEZ eingelagerten Gebinde, welche am PSI konditioniert wurden, werden einer visuellen Kontrolle unterzogen. Schadhafte Gebinde werden in zusätzliche Behälter verpackt.

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.

## 1.3 Anlagentechnik

### 1.3.1 Revisionsarbeiten

Im Revisionsstillstand des **Blocks 1** vom 21. Mai bis 19. Juli 2010 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:

- Alle 30 Bodendurchführungen des Reaktor-druckbehälters (RDB) wurden sowohl volumetrisch mit Ultraschall und Wirbelstrom als auch visuell im abisolierten Zustand von der Unterseite her geprüft. Es ergaben sich keine Hinweise auf Leckagen oder betriebsbedingte Schädigungen. Neu wurden an acht Durchführungen Anzeigen im Rohrwandvolumen festgestellt. Die bruchmechanische Bewertung erfolgte unter der konservativen Annahme einer von der äusseren Oberfläche der Durchführungsrohre ausgehenden Rissbildung. Die Analyse kam zum

Schluss, dass die Anzeigen belassen werden können. Das ENSI hat die bruchmechanische Analyse geprüft und bestätigt die Aussage des KKB, dass die Anzeigen sicherheitstechnisch unbedenklich sind.

- Alle 45 Bolzen des RDB-Deckels wurden mechanisiert mit Wirbelstrom geprüft. An fünf Bolzen wurden Anzeigen festgestellt, welche durch eine direkte visuelle Prüfung als zulässig bewertet wurden.

Nach einem Befund an einer der beiden Containment-Sprühpumpen im Block 1 wurde die Reserve-Sprühpumpe, die im Jahre 1977 beschafft worden war, während des Revisionsstillstands 2010 eingebaut und nach dem anschliessenden Verfügbarkeitstest als betriebsbereit erklärt. Im Rahmen der ersten Funktionsprüfung wurde festgestellt, dass die in der Technischen Spezifikation (TS) geforderte Druckerhöhung durch die neu eingebaute Sprühpumpe nicht erreicht wurde. Untersuchungen seitens des KKB ergaben, dass die Reserve-Sprühpumpe die Auslegungsanforderungen an das Sprühsystem im Vergleich zur bisher eingesetzten Sprühpumpe mit einer geringfügig geänderten Pumpencharakteristik erfüllt. Im Zuge einer Anpassung der TS im Jahr 1996 war ein neues Prüfkriterium zum Nachweis der Betriebsbereitschaft der Sprühpumpen eingeführt worden, das sich nur noch an der Charakteristik der zu diesem Zeitpunkt eingesetzten Pumpen und nicht mehr an der Charakteristik der Reservepumpe orientierte. Aufgrund dieser Erkenntnis beantragte das KKB die Freigabe zur Anpassung der TS. Das ENSI führte daraufhin eine Inspektion durch. Als Ergebnis dieser Inspektion forderte das ENSI das KKB auf, die Ursachen für die Entscheidung zu analysieren, ohne Zustimmung des ENSI von einem Prüfkriterium der TS abzuweichen, auch wenn diese Abweichung sicherheitstechnisch gerechtfertigt war. Zudem forderte das ENSI zu untersuchen, weshalb die TS nicht rechtzeitig vor dem Austausch der Sprühpumpe aktualisiert worden war. Ausserdem wurde ein Konzept verlangt, das darlegt, wie in Zukunft nach Revisionsarbeiten eine vollständige Funktionsprüfung gemäss TS sichergestellt wird.

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

Der **Block 2** wurde vom 17. August bis 23. September 2010 vom Netz getrennt und für den

Brennelementwechsel und den Austausch von Kernumfassungsschrauben abgestellt.

Im Stillstand wurden visuelle Prüfungen am Reaktordruckbehälter durchgeführt, insbesondere Prüfungen am RDB-Deckel, an den Regelstabantrieben und an den Regelstab-Antriebsstangengehäusen. Aufgrund der Befunde im Block 1 wurden die mittleren Lippendichtschweissnähte der Regelstab-Antriebsstangengehäuse in die Prüfung einbezogen. Es wurden keine bewertungspflichtige Anzeigen festgestellt. An den Lippendichtschweissnähten in den unterschiedlichen Ebenen wurden keine Spuren von Borsäureablagerungen gefunden.

Die vier Mischnähte an den Ein- und Austrittsstutzen der Dampferzeuger wurden mechanisiert mit Ultraschall geprüft. Durch Anpassungen am Manipulator und an der Fahrschiene konnte der nicht prüfbare Bereich an den Dampferzeuger-Austrittsseiten minimiert werden. Insgesamt wurden vier bewertungspflichtige Anzeigen an drei Mischnähten festgestellt. Eine Anzeige wurde als Messsignal einer Schweißreparatur bei der Herstellung identifiziert und ist zulässig. Die andern drei Anzeigen sind gemäss Prüfvorschrift ebenfalls zulässig. Die übrigen Arbeiten konzentrierten sich auf die System- und Komponententests beim Abfahren sowie beim Wiederanfahren der Anlage.

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:

- Aufgrund ungünstiger externer Betriebserfahrungen wurden an den 29 Regelstabführungsrohren an deren unterem Flansch die zwei vorhandenen Zentrierstifte präventiv ersetzt. Gleichzeitig wurden pro Regelstabführungsrohr am Verbindungsflansch zur Tragplatte die vier Zylinderkopfschrauben mit Sicherungselementen ersetzt. An den ausgetauschten Teilen wurden keine Anomalien entdeckt.
- Ebenfalls aufgrund ungünstiger externer Betriebserfahrungen hat das KKB einen Austausch von Kernumfassungsschrauben vorgenommen. Der Austausch wurde nach einem vom Hersteller festgelegten Muster durchgeführt.
- Die beiden seit der Inbetriebnahme des Werks im Einsatz stehenden Ringraumkompressoren

wurden durch gleichwertige, ölfreie Kaltkompressoren ersetzt. Zugleich wurden die Anschlussleitungen und die elektrische Steuerung erneuert.

- Der Notstanddiesel wurde gegen einen baugleichen, generalüberholten Motor ersetzt. Zugleich wurde der Generator beim Lieferanten einer Totalrevision unterzogen.
- Aus Gründen des Instandhaltungsaufwandes und der Ersatzteilsituation werden die seit 40 Jahren im Einsatz stehenden Niederspannungsleistungsschalter ersetzt. Insgesamt sind 125 Schalter im Einsatz und sollen innerhalb der nächsten fünf Jahre ersetzt werden. In einer ersten Austauschaktion wurden 34 Schalter in den unklassierten Schaltanlagen ausgewechselt.
- Bei der Erneuerung der Nebenanlagen wurden die freigegebenen Arbeiten weitergeführt. Es handelt sich hauptsächlich um den Rückbau von Kabelinstallationen zwischen dem Nebenanlagengebäude und der Halonzone.
- Im Rahmen des Alterungsüberwachungsprogramms wurden die Motoren von zwei Sicherheitseinspeisepumpen ersetzt.

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

- Aufgrund ungünstiger externer Betriebserfahrungen wurde 2009 mit dem Austausch von Kernumfassungsschrauben begonnen. Im Berichtsjahr wurden die Arbeiten mit verbesserten Einrichtungen abgeschlossen. Der Austausch wurde nach einem vom Hersteller festgelegten Muster durchgeführt.
- Eine Sicherheits-Rezirkulationspumpe wurde präventiv gegen eine revidierte Reservepumpe ausgetauscht.

Die geänderten Systeme respektive Komponenten wurden vor dem Wiederanfahren der Anlage durch entsprechende Inbetriebsetzungs-Programme und im Rahmen der integralen Funktionsprüfungen getestet. Sie funktionierten einwandfrei.

### 1.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im KKB werden beide Reaktoren mit je 121 Brennelementen betrieben. Im Berichtszeitraum gab es keine Defekte an Brennelementen, so dass die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe gewährleistet war. Während des Revisionsstillstands wurden im Block 1 insgesamt 20 neue Brennelemente mit wiederaufgearbeitetem Uran (WAU) eingesetzt,

das bis zu 4,65 Gewichtsprozent an Spaltstoff enthält. Der Reaktorkern enthält im 39. Betriebszyklus 5 Uran-, 104 WAU- und 12 Uran-Plutonium-Mischoxidbrennelemente (MOX).

Auch im Block 2 wurden während der Abstellung 20 neue Brennelemente mit WAU-Brennstoff eingesetzt. Der Reaktorkern enthält im 37. Betriebszyklus 89 WAU- und 32 MOX-Brennelemente.

Bei der Brennelementhandhabung wurden alle Sicherheitsmassnahmen eingehalten. Beide Reaktoren wurden mit qualitätsgeprüften Brennelementen bestückt. Die neuen vom ENSI freigegebenen Kernbeladungen erfüllten entsprechend der Dokumentation alle Anforderungen.

Entsprechend den langfristigen Steuerstab-Inspektionsprogrammen für beide Blöcke war im Berichtszeitraum die Wirbelstromprüfung sämtlicher Steuerstäbe von Block 1 fällig. Die Prüfung ergab, dass sich nach einer Einsatzdauer von 18 bis 22 Jahren alle Stäbe in einem guten Zustand befinden und somit weiter eingesetzt werden können.

Im Berichtszeitraum sind die Reaktorkerne beider Blöcke auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Das Wiederanfahren beider Blöcke verlief einwandfrei und wurde vor Ort durch das ENSI inspiziert. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernausberechnungen überein. Die Betriebsgrenzen wurden eingehalten.

## 1.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2010 wurden im KKB folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	KKB 1	KKB 2	KKB 1 und 2
Revisionsstillstand	691 Pers.-mSv	194 Pers.-mSv	885 Pers.-mSv
Leistungsbetrieb	63 Pers.-mSv	60 Pers.-mSv	123 Pers.-mSv
Jahreskollektivdosis	754 Pers.-mSv	254 Pers.-mSv	1008 Pers.-mSv

Die akkumulierte Jahreskollektivdosis in beiden Blöcken war etwa um die Hälfte höher als in den Vorjahren. Ursache dafür waren die umfangreichen Arbeiten während der Revisionsstillstände in beiden Blöcken. Die höchste im KKB registrierte Individualdosis betrug 8,9 mSv und lag unterhalb des Dosisgrenzwerts nach Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Das entsprechende betriebs-eigene Planungsziel von maximal 10 mSv pro Per-

son und pro Jahr wurde eingehalten. Es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die nicht mit herkömmlichen Mitteln entfernt werden konnten.

Das Abfahren zur geplanten Revisionsabstellung im Block 1 verlief ohne Hinweise auf Brennelementschäden.

Weil im Block 1 des KKB der erforderliche Primärkreisdruck während der Kontrolltätigkeit des SVTI beim Wiederanfahren nach dem Revisionsstillstand noch nicht erreicht war, mussten Teile dieser Kontrollen wiederholt werden, was eine vermeidbare Strahlenexposition zur Folge hatte und damit dem von der Strahlenschutzverordnung verlangten Grundsatz der Optimierung widersprach. So mussten die Experten den Zustand der Regelstab-Antriebstangengehäuse, einem Bereich mit einer relativ hohen Ortsdosisleistung, zweimal statt einmal überprüfen. Dies führte zu einer zusätzlichen und nicht gerechtfertigten Kollektivdosis von 0,480 Pers.-mSv. Die höchste zusätzliche Personendosis betrug 0,109 mSv. Die mit der Prüfung im Containment beauftragten Personen waren nicht rechtzeitig über eine Verzögerung bei der Druckerhöhung informiert worden.

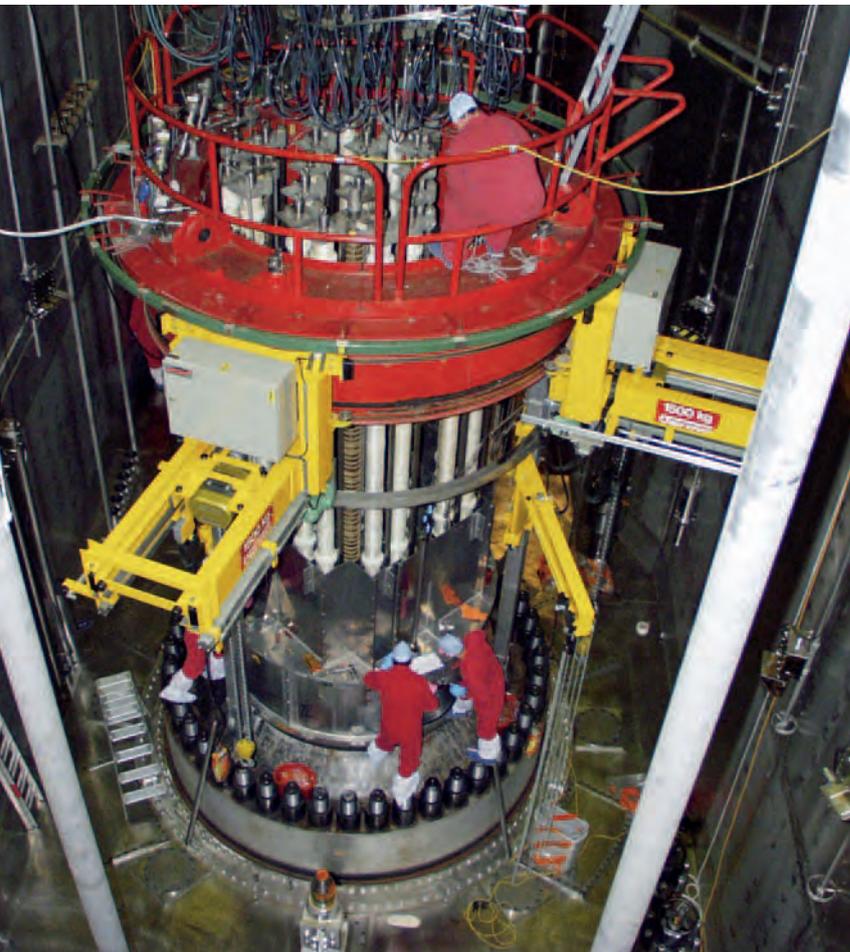
Nach dem Auspacken eines Unterwassersaugers, der für die Austauscharbeiten der Kernumfassungsschrauben benötigt wurde, gab es im Block 2 eine Kontaminationsverschleppung. Die Kontamination wurde umgehend beseitigt.

Bei einem Mitarbeiter des Eigenpersonals wurde eine Inkorporation festgestellt, die gemäss sorgfältiger Abklärung die geringe Folgedosis von 0,1 mSv verursacht hat.

Die Planungs-dosis betrug 494 Pers.-mSv. Die Arbeiten während der Revision führten zu einer Kollektivdosis von 691 Pers.-mSv. Hauptgrund für die Differenz waren zusätzliche Arbeiten, die in der ursprünglichen Dosisplanung noch nicht berücksichtigt werden konnten.

Das Abfahren im Block 2 verlief ebenfalls ohne Hinweise auf Brennelementschäden. Die Kollektivdosis des Personals für den Brennelementwechsel wurde mit 185 Pers.-mSv geplant. Die während der Revision akkumulierte Kollektivdosis betrug 194 Pers.-mSv.

Die vom KKB getroffenen und die vom ENSI zusätzlich verlangten Massnahmen als Folge des Vorkommnisses vom 3. August 2009, das bei zwei Personen zu einer Strahlenexposition über dem Grenzwert von 20 mSv geführt hatte, wurden umgesetzt und haben sich bisher in beiden Blöcken bewährt.



Revisionsarbeiten  
am Deckel des  
Reaktordruckbehälters.  
Foto: KKB

Der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz war im Kalenderjahr 2010 gerade noch ausreichend, um die administrativen und technischen Schutz- und Überwachungsaufgaben formal korrekt auszuüben und sicherzustellen. Das ENSI hat das KKB darauf hingewiesen, dass der Bestand des Eigenpersonals im Strahlenschutz mit erfahrenen Personen zu verstärken sei. Das KKB stösst dabei in der gegenwärtigen Marktlage aber auf erhebliche Rekrutierungsschwierigkeiten.

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 12 % 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

konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosis betragen rund 0,0016 mSv für Erwachsene, 0,0021 mSv für Zehnjährige und 0,0035 mSv für Kleinkinder und lag 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 Werk ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren 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 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 Beznau wird auf den Strahlenschutzbericht 2010 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 44 m<sup>3</sup> etwas geringer als im Vorjahr. Der Anfall bewegt sich in der Schwankungsbreite des mehrjährigen Mittelwert 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 109 m<sup>3</sup> unter dem Fünfjahresmittelwert. Brenn- und schmelzbare Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-An-

lage 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. Das ENSI genehmigte im Berichtsjahr die Nachdokumentation von sieben Abfallgebindetypen aus der früheren PSI-Produktion. Im Berichtsjahr wurden verbrauchte Ionenaustauscherharze und Schlämme konditioniert. Ferner wurde auch ein Gebinde mit Filterkerzen zementiert.

Die konditionierten Abfallgebinde 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 Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist. Bei der jährlichen Kontrolle des SAA-Lagers ZWIBEZ wurden am 21. Dezember 2010 drei Abfallgebinde mit leichten Korrosionen am Fassmantel festgestellt. Es handelt sich um Abfallgebinde aus der früheren PSI-Produktion (siehe auch Kap. 1.2). Ein wichtiges Element bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKB wurden im Jahr 2010 insgesamt 35 t meldepflichtiges Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen. Dabei handelte es sich zu rund 69% um metallischen Schrott.

Seit 2008 ist ein Teil des Zwischenlagers ZWIBEZ (HAA-Lager) für die Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern mit abgebrannten Brennelementen in Betrieb. Der dritte Transport- und Lagerbehälter wurde im März 2010 mit 37 abgebrannten Brennelementen aus dem Block 2 eingelagert. Zuvor hatte das ENSI dem Einlagerungsantrag zugestimmt und die Arbeiten inspiziert.

## 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 Oktober 2010 an der Werksnotfallübung INTRUDER die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Bei der Übung wurde ein Sicherheitsszenario unterstellt, bei dem Unbefugte versuchten, auf das Gelände des Kernkraftwerks einzudringen. Die Wache hat in Zusammenarbeit mit der Polizei die notwendigen Gegenmassnahmen ergriffen. Der Notfallstab koordinierte die Ereignisbewältigung. Zusätzlich war die Anlagensicherheit zu gewährleisten.

Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kam das ENSI zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Das KKB verfügt über eine zur Beherrschung von Sicherheitsereignissen und der gleichzeitigen Gewährleistung der Anlagensicherheit geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im Dezember 2010 hat gezeigt, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit sind.

Anstelle einer Alarmierungsnotfallübung analysierte das ENSI einen Echteinsatz der KKB-Notfallorganisation vom 12. November 2010. Es handelte sich um einen Brandalarm im Wasserkraftwerk Beznau infolge Rauchentwicklung an einem Generator. Ein Brand im Wasserkraftwerk gilt gemäss Notfallreglement des KKB als Notfall, auch wenn, wie im vorliegenden Fall, die nukleare Sicherheit des Kernkraftwerks nicht betroffen ist. Mit diesem Einsatz konnte die Verfügbarkeit des Notfallstabs gemäss Richtlinie ENSI-B11 bestätigt werden.

## 1.7 Personal und Organisation

### 1.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKB den Personaldienst aus der Abteilung Administration herausgelöst und direkt der Kraftwerksleitung unterstellt. Ende 2010 betrug der Personalbestand des KKB 536 (2009: 525) Personen.

Im Berichtsjahr hat das KKB die Ausbildung im Bereich «Menschliche Faktoren» und «Lernende Organisation» weitergeführt. Um aus Fehlern zu lernen, müssen die Gründe für deren Auftreten bekannt sein. Fehler müssen offen kommuniziert und diskutiert werden. Diese Ausbildung erfolgte mit externer Unterstützung der Fachhochschule Nordwestschweiz in Workshops, die von insgesamt 370 Mitarbeitenden des KKB besucht wurden. Aus Sicht des ENSI ist ein offener Umgang mit

Fehlern ein wichtiger Beitrag zur Förderung der Sicherheit eines Kernkraftwerks.

### 1.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden drei Reaktoroperateur-Anwärter des KKB unter Aufsicht des ENSI die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der PSI-Technikerschule. Die Ausbildung vermittelt die erforderlichen theoretischen Kenntnisse auf den Gebieten der thermischen Kraftwerkstechnik, Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz. Ein weiterer Reaktoroperateur-Anwärter bestand unter Aufsicht des ENSI die Prüfung über die kerntechnischen Grundkenntnisse an der Kerntechnischen Kursstätte Ulm. Diese Ausbildung vermittelt spezifische Kenntnisse in Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz. Die kerntechnischen Grundkenntnisse sind Voraussetzung für die weitere Ausbildung in der Anlage und die spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur.

Drei Reaktoroperateure, ein Schichtchef und ein Pikettingenieur des KKB legten ihre Zulassungsprüfung unter Aufsicht des ENSI 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 Anlagensimulator und besteht in einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse bei wichtigen zukünftigen Tätigkeiten in der jeweiligen Funktion. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI inspizierte das Jahresprogramm der Wiederholungsschulung für das zulassungspflichtige Personal des KKB. Dabei ist besonderes Gewicht auf die Wiederholungsschulung am Anlagensimulator gelegt worden, da sie einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Kompetenz des Schichtteams zur Beherrschung von Störfällen und Betriebssituationen liefert. Gegenstand der Inspektion war auch das Verfahren der fachtechnischen, didaktischen und methodischen Qualifizierung der hauptamtlichen Ausbilder.

Zudem hat das ENSI das Requalifikationstraining des KKB inspiziert. Die Requalifikation dient dem Nachweis, dass der Zulassungsinhaber weiterhin die Anforderungen zur Ausübung seiner Funktion erfüllt und mit den aktuellen Vorschriften und Anlageneinrichtungen vertraut ist. Inspiziert wurde auch ein Kurs für angehende Reaktoroperateure

und Schichtchefs am Glasmodell der Simulator-schule in Essen. Das Modell erlaubt es, die thermohydraulischen Vorgänge im Reaktorkühlkreis im Normalbetrieb und bei Störfällen an einem Simulator aus Glas sichtbar zu machen. Dadurch werden die theoretischen Kenntnisse der Teilnehmer über diese Vorgänge durch direkte Beobachtungen ergänzt und vertieft.

## 1.8 Sicherheitsbewertung

### 1.8.1 Block 1: Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2010 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System über 180 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
Sicherheitssebenen	Ebene 1	V	V	A	V
	Ebene 2	V	V	N	A
	Ebene 3	V	V	A	V
	Ebene 4			N	N
	Ebene 5			N	N
Barrieren	Integrität der Brennelemente			A	
	Integrität des Primärkreises			A	N
	Integrität des Containments		V	N	V
ebenen- oder barrieren-übergreifende Bedeutung			V	A	V

Sicherheitsbewertung 2010 KKB1:  
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 Sicherheitssebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung.

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

- An einem Rohrbogen einer Frischdampfleitung wurde eine Wanddickenunterschreitung festgestellt, die nur befristet zulässig ist, so dass dieser Rohrbogen instand gesetzt werden muss.
- Drei Abfallgebinde im Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle im ZWIBEZ wiesen leichte Korrosionen am Fassmantel auf.

Ebene 2, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Weil der erforderliche Primärkreisdruck während der Kontrolltätigkeit des SVTI beim Wiederanfahren nach dem Revisionsstillstand noch nicht erreicht war, mussten Teile dieser Kontrollen wiederholt werden, was eine vermeidbare Strahlenexposition zur Folge hatte und damit dem von der Strahlenschutzverordnung verlangten Grundsatz der Optimierung widersprach.

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

- Dreimal kam es zur Trennung der Anspeisung einer vom Wasserkraftwerk Beznau versorgten Notstromschiene vom 50-kV-Netz, in zwei Fällen durch einen wahrscheinlich von einem Marder verursachten Erdschluss und in einem Fall durch eine externe Netzstörung.

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

- Durch den unerwarteten Anstieg des Lithiumgehaltes im Primärkühlmittel war die Korrosionsprävention zum Schutz der Brennelement-Hüllrohre kurzfristig weniger wirksam.

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

- Bei den Inspektionen des Reaktordeckels wurden im oberen und mittleren Bereich der Regelstab-Antriebsstangengehäuse zusätzlich zu den bereits bekannten Borsäureablagerungen fünf neue festgestellt.

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

- Die unter Ebene 1 genannte Wanddickenunterschreitung an einem Rohrbogen einer Frischdampfleitung hat eine Risikoerhöhung über der Relevanzschwelle zur Folge und ist damit auch von ebenen- und barrierenübergreifender Bedeutung. Ein Vorkommnis über der Relevanzschwelle führt mit einer Wahrscheinlichkeit von

mehr als 1 zu 100 Millionen zu einem Kernschaden. Die Wahrscheinlichkeit liegt im vorliegenden Fall unter 1 zu 1 Million.

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	N	V
	Kühlung der Brennelemente		N	A	V
	Einschluss radioaktiver Stoffe		V	A	V
	Begrenzung der Strahlenexposition		G	N	A
	schutzzielübergreifende Bedeutung		V	A	V

Sicherheitsbewertung 2010 KKB1:

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

- Zu den Auslegungs-Vorgaben liegen keine Daten aus der Inspektionstätigkeit, Zulassungsprüfungen, der Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse und Sicherheitsindikatoren vor.

- Zur Beurteilung der Auslegungs-Vorgaben des Blocks 1 des KKB hat das ENSI jedoch Erkenntnisse aus der letzten Periodischen Sicherheitsüberprüfung PSÜ 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 und die für Neuanlagen geltenden Anforderungen zu einem grossen Teil erfüllen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als gut.

Betriebs-Vorgaben

- Da aus der Inspektionstätigkeit, Zulassungsprüfungen, der Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse und Sicherheitsindikatoren 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 hat die Unterschreitung der rechnerischen Mindestwandstärke an einem Frischdampfleitungsbogen, den kurzfristigen Anstieg des Lithiumgehaltes im Primärkühlmittel, die Borsäureablagerungen im oberen und mittleren Bereich von Regelstab-Antriebsstangengehäusen und die dreimalige Trennung der Anspeisung einer Notstromschiene vom 50-kV-Netz als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit beurteilt. 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 stufte einen einzigen Sachverhalt in die Kategorie A ein, nämlich die Abweichung vom von der Strahlenschutzverordnung verlangten Grundsatz der Optimierung bei Kontrollarbeiten des SVTI. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als gut.

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

### 1.8.3 Block 2: Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2010 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System über 150 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 \ Ziele	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ebene 1	V	V	A	V
Ebene 2	V	V	N	N
Ebene 3	V	V	A	N
Ebene 4			N	N
Ebene 5			N	N
Integrität der Brennelemente			N	
Integrität des Primärkreises			N	N
Integrität des Containments			N	
ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung			A	N

Sicherheitsbewertung 2010 KKB2:  
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

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

- Der Einsatz eines ungeeigneten Entkalkungsmittels führte an einem Kühler des Dampferzeuger-Abschlammensystems zu einer Leckage.
- Ein Lagerschaden führte zur Unverfügbarkeit einer Ölpumpe des Abblasesystems.
- Die genannte Unverfügbarkeit führte während 10 Stunden zu einem Anlagezustand, in dem lediglich eine Ölpumpe betriebsbereit war.
- Die unter Block 1 erwähnten leichten Korrosionen an Abfallbinden im ZWIBEZ werden in der Sicherheitsbewertung auch Block 2 zugeordnet.

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

- Der unter Ebene 1 genannte Lagerschaden und die dadurch entstandene Unverfügbarkeit einer Ölpumpe sind auch von Bedeutung für die Ebene 3.
- Viermal kam es zur Trennung der Anspeisung einer vom Wasserkraftwerk Beznau versorgten Notstromschiene vom 50-kV-Netz, in zwei Fällen durch einen wahrscheinlich von einem Marder verursachten Erdschluss, in einem Fall durch eine externe Netzstörung und in einem Fall durch einen Fehler im Leitungssystem des Wasserkraftwerks. Während die ersten drei Fälle auch den Block 1 des KKB betrafen, betraf der letzte Fall nur den Block 2, weil der Block 1 zu diesem Zeitpunkt im Revisionsstillstand war.

### Ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Da die unter Ebene 1 genannte Unverfügbarkeit einer Ölpumpe des Abblasesystems zu einer Risikoerhöhung oberhalb der Relevanzschwelle geführt hat, ist sie auch von ebenen- und barrierenübergreifender Bedeutung. Eine Risikoerhöhung oberhalb der Relevanzschwelle bedeutet, dass ein Vorkommnis mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 1 zu 100 Millionen zu einem Kernschaden führt. Die Wahrscheinlichkeit liegt im vorliegenden Fall unter 1 zu 1 Million.

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:

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

Sicherheitsbewertung 2010 KKB2:

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 aus der Inspektionstätigkeit, Zulassungsprüfungen, der Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse und Sicherheitsindikatoren 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

- Das ENSI hat die Leckage an einem Kühler des Dampferzeuger-Abschlammensystems, den Ausfall einer Ölpumpe des Abblasesystems und die viermalige Trennung der Anspeisung einer Notstromschiene vom 50-kV-Netz als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit beurteilt. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Da aus der Inspektionstätigkeit, Zulassungsprüfungen, der Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse und Sicherheitsindikatoren keine Bewertungen der Kategorien A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als hoch.

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.





Blick auf das  
Kernkraftwerk  
Mühleberg.  
Foto: ENSI

## 2. Kernkraftwerk Mühleberg

### 2.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2010 war im Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) durch einen mehrfach kurzfristig gestörten Vollastbetrieb geprägt. Neben dem geplanten Revisionsstillstand mit Brennelementwechsel kam es zu mehreren störungsbedingten Leistungsreduktionen, die alle ohne Reaktorschnellabschaltung beherrscht wurden. Das ENSI stellt fest, dass das KKM die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten hat. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKM im Jahr 2010 hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als gut, 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 Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) der BKW FMB Energie AG, welches seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1972 aufnahm, ist eine Siedewasserreaktor-Anlage mit 373 MW elektrischer Nennleistung. 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 13 meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, welche das ENSI auf der internationalen Ereignisskala INES alle der Stufe 0 zuordnete. Die erhöhte Zahl von meldepflichtigen Vorkommnissen ist im Wesentlichen auf Störungen während der Inbetriebnahme neuer Ausrüstungen nach Anlagemodernisierungen zurückzuführen.

Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 102 Inspektionen durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Während des Revisionsstillstands 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 Langzeitbetrieb setzte das KKM zahlreiche Verbesserungen und Anlagemodernisierungen sowie bauliche Erweiterungen um.

Im Berichtsjahr sind keine Brennelementschäden aufgetreten.

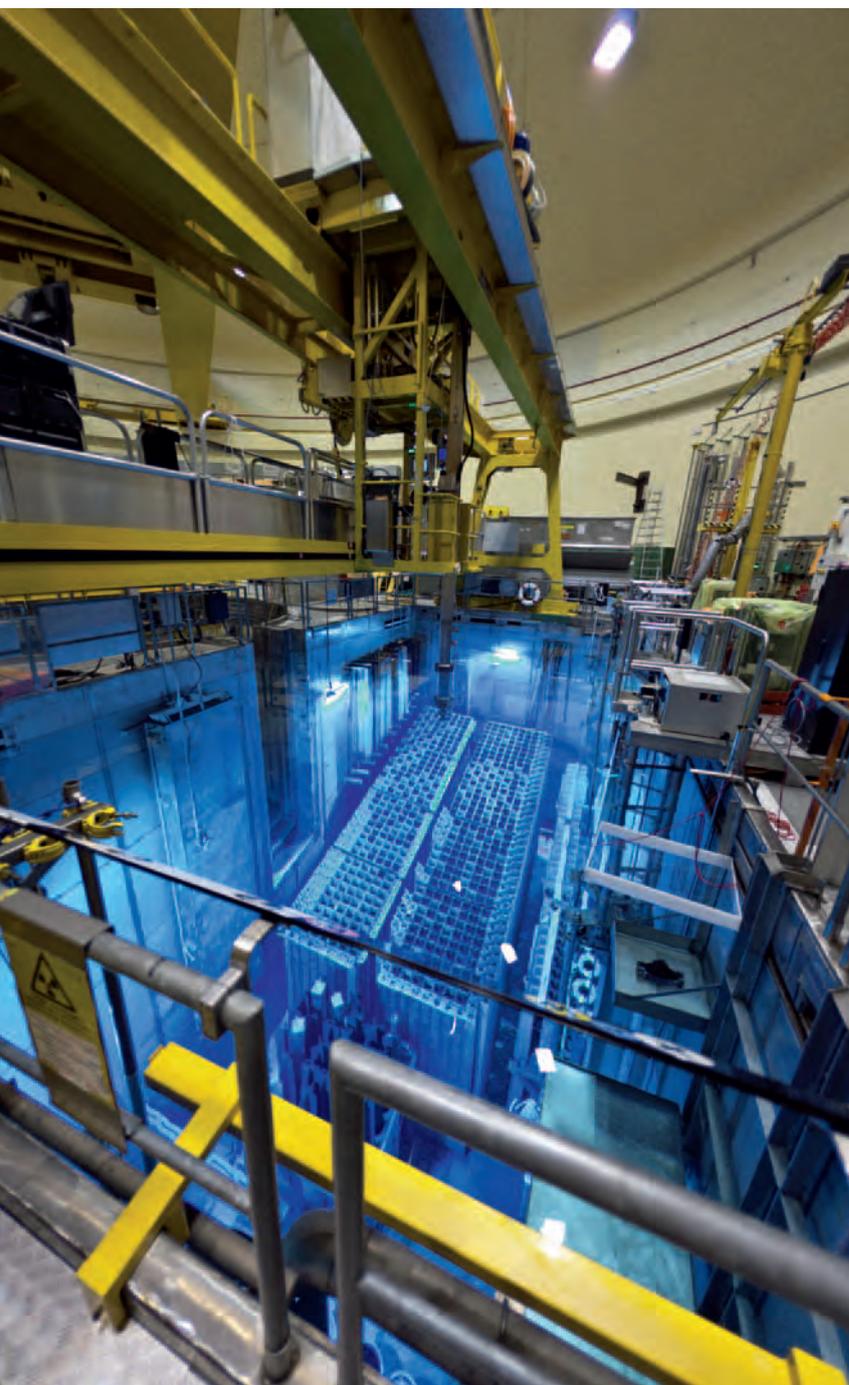
Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurde eingehalten. Die radioaktiven Abgaben lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte.

Der Anfall neuer radioaktiver Rohabfälle war auf einem niedrigen Niveau.

Das KKM hat im Berichtsjahr mehrere Anpassungen seiner Organisation vorgenommen.

Im Berichtsjahr legten zwei Schichtchefs und vier Schichtchef-Stellvertreter ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab.

Brennelement-  
Lagerbecken.  
Foto: KKM



## 2.2 Betriebsgeschehen

Das Kernkraftwerk Mühleberg erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 91,1 % und eine Zeitverfügbarkeit von 93,3 %. Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt.

Für die zeitliche Nichtverfügbarkeit der Anlage war der Revisionsstillstand mit Brennstoffwechsel massgeblich. Störungs- und witterungsbedingte Leistungsreduktionen führten zu einer, verglichen mit der Zeitverfügbarkeit, deutlich tieferen Arbeitsausnutzung.

Die ausgekoppelte thermische Energie für die Heizung der Wohnsiedlung «Steinriesel» belief sich auf 1,8 GWh.

Zur Durchführung von Wiederholungsprüfungen und Instandhaltungsarbeiten erfolgten geplante Leistungsabsenkungen. Weitere Leistungsabsenkungen standen im Zusammenhang mit meldepflichtigen Vorkommnissen und der Einhaltung der kantonalen Gebrauchswasserkonzession bei hoher Wassertemperatur der Aare im Juli 2010.

Die wiederholten Ausfälle der im Revisionstillstand erneuerten Antriebssysteme der Reaktorumwälzpumpen widerspiegeln die in der Technik allgemein bekannte Beobachtung, wonach Fehler kurz nach der Inbetriebnahme neuer Ausrüstungen häufiger auftreten. Oft sind noch Anpassungen, insbesondere im Bereich der Steuerung und Regelung, notwendig.

Im Berichtsjahr waren 13 meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, welche das ENSI auf der internationalen Ereignisskala INES alle der Stufe 0 zuordnete. Für die Bewertung der einzelnen Vorkommnisse aus den Perspektiven gestaffelte Sicherheitsvorsorge und Schutzziele wird auf Kap. 2.9 verwiesen, für die risikotechnische Beurteilung auf Kap. 11.1.2.

■ Am 6. Januar 2010 schaltete an einer der beiden Turbinen-Generator-Gruppen die Vordruckregelung automatisch auf den Reservegler um. Ursache für diese Umschaltung war ein defekter Weggeber des normalerweise wirksamen Reglers. Im Rahmen der Störungsanalyse vor Ort wurde die Rückstelltaste betätigt. Damit wurde einerseits der Sollwert des Reservegler sprunghaft wieder auf den voreingestellten Standardwert erhöht. Andererseits konnte der normalerweise wirksame Regler wegen des defekten Weggebers seine Funktion nicht wieder übernehmen und der Reservegler mit dem zu hohen Sollwert blieb wirksam. In der Folge

öffneten die Einlassventile sowie der Bypass der entsprechenden Turbine, was zu einer übermäßigen Dampfenahme aus dem Reaktor führte. Auslegungsgemäss wurde die Reaktorleistung durch automatisches Einschliessen von Steuerstäben und Zurückfahren der Reaktorumwälzpumpen-Drehzahl abgesenkt. Die Turbinen-Generator-Gruppe wurde von der Schichtmannschaft ausser Betrieb genommen und der defekte Weggeber wurde ersetzt. Als Konsequenz aus diesem Vorkommnis wurde im Turbinenbetriebshandbuch das Vorgehen bei der Störungsbehebung an der Vordruckregelung für den Fall, dass nur noch ein Vordruckregler funktionsfähig ist, neu geregelt.

- Am 23. April 2010 wurde die Reservepumpe zur Kühlung des Torus nach Abschluss der Wartungsarbeiten visuell geprüft. Sie war im Revisionsstillstand 2009 ausgebaut worden. An der Innenwand des Pumpengehäuses wurde ein bewertungspflichtiger Befund festgestellt. Er befand sich an einer für die Strukturintegrität und das hydraulische Verhalten unkritischen Stelle und wurde ausgeschliffen. Die Ursache war ein Fehler bei der Herstellung des Pumpengehäuses.
- Im Frühjahr 2010 informierte der Hersteller der Brennelemente das KKM über mögliche herstellungsbedingte Befunde an Abstandhaltern von Brennelementen vom Typ GNF2. In der Folge liess das KKM sämtliche unbestrahlten Brennelemente im Trockenlager durch den Hersteller inspizieren. Die Vorkommnismeldung erfolgte am 10. Juni 2010 nach Abschluss dieser Inspektion. Die Inspektion zeigte bei einem Teil der unbestrahlten Brennelemente die vom Hersteller genannten herstellungsbedingten Befunde sowie weitere bei der Handhabung auf dem Gelände des KKM entstandene Beschädigungen. Insgesamt wurden zwei Befunde an Abstandhaltern als sicherheitstechnisch relevant eingestuft, da sie bei einem Einsatz im Reaktor die thermohydraulischen Verhältnisse im Brennelement beeinträchtigt hätten. Vier Brennelemente vom Typ GNF2 waren im Reaktor bereits als Vorläufer-Brennelemente eingesetzt. Ihre Inspektion im Revisionsstillstand 2010 ergab keine Befunde. Der Hersteller der Brennelemente und das KKM erkannten Verbesserungspotenzial im Qualitätssicherungssystem. Ende Oktober 2010 wurden insgesamt 36 unbestrahlte Brennelemente zum Austausch von Abstandhaltern zurück zum Hersteller geschickt. Das KKM beugt allfälligen Handhabungsfehlern vor und wird



**Kommandoraum.**  
Foto: KKM

künftig die gelieferten Brennelemente gleich nach der Eingangsinspektion zum Schutz gegen mechanische Beschädigung mit dem Brennelement-Kasten versehen und dann ins Trockenlager bringen.

- Während des Revisionsstillstands wurde aus einem Speisewasserverteiler das einspannseitige Ende eines Sägeblatts geborgen. Drei abgebrochene Teile konnten nicht gefunden werden. Diese sind möglicherweise verloren gegangen und in das Speisewasser gelangt. Deshalb erfolgte eine sicherheitstechnische Beurteilung. Aufgrund der Analyse kommt das KKM zum Schluss, dass diese Teile im Kühlkreislauf des Reaktors die Anlagensicherheit nicht beeinträchtigen würden. Das ENSI hat die Analyse geprüft und kommt zur gleichen Beurteilung.
- Beim Wiederaufstart nach dem Revisionsstillstand am 8. September 2010 wurden bei 15 % Reaktorleistung die von der Technischen Spezifikation geforderten Funktionsprüfungen des Reaktorkernisoliations-Kühlsystems durchgeführt. Nachdem die Prüfung bei der einen Redundanz erfolgreich war, musste die Prüfung bei der anderen Redundanz wegen einer Störung am Drehzahlregler abgebrochen werden. Ursache war eine elektromagnetische Beeinflussung durch einen benachbarten Motor. Während des Revisionsstillstands waren für die Drehzahlmessung benötigte Leitungen ungünstig verlegt worden. Die für die Drehzahlmessung benötigten Leitungen wurden neu verlegt und besser abgeschirmt. Die betroffene Redundanz des Reaktorkernisoliations-Kühlsystems funktionierte bei der anschliessenden Funktionsprüfung wieder korrekt. Die Funktion der Drehzahlmessungen wird im Revisionsstillstand 2011 zusätzlichen Prüfungen unterzogen.

- Am 13. September 2010 und am 15. September 2010 fiel jeweils eine der beiden Reaktorwärmepumpen aus, was aus physikalischen Gründen eine Reduktion der Reaktorleistung zur Folge hatte. Die Reaktorwärmepumpen sorgen für eine gleichmässige Verteilung des Kühlmittels im Reaktorkern und dienen auch der Leistungsregelung. Die nach dem Ausfall einer Reaktorwärmepumpe erforderliche weitere Leistungsreduktion durch automatische Reduktion der Drehzahl der noch laufenden Reaktorwärmepumpe und anschliessendes manuelles Einfahren von Steuerstäben verlief erwartungsgemäss. Nach Abklärung der Störung wurde die betroffene Reaktorwärmepumpe jeweils wieder gestartet und auf Minimaldrehzahl gefahren. Im Anschluss an den Ausfall vom 15. September 2010 wurde die Reaktorleistung bei 35 % belassen. Ursache für die beiden Ausfälle war ein fehlerhaftes Rückmeldesignal der Position des druckseitigen Schiebers der Reaktorwärmepumpe. Nach einer erfolgreichen Anpassung der Logik in der Steuerung wurde am 18. September 2010 die Reaktorleistung wieder auf Volllast erhöht.
- Am 22. September 2010 kam es kurz nach Mitternacht zur Abschaltung einer Speisewasserpumpe mit automatischer Zuschaltung der Reserve-Speisewasserpumpe. Die Speisewasserpumpen fördern das Wasser, das zur Erzeugung des Dampfes benötigt wird, in den Reaktordruckbehälter. Nach wenigen Sekunden erfolgte unerwartet ein Schnellschluss einer der beiden Turbinen-Gruppen. Auslegungsgemäss wurde die Reaktorleistung durch automatisches Einfahren von Steuerstäben und Zurückfahren der Reaktorwärmepumpen-Drehzahl abgesenkt. Ursache für die Abschaltung der Speisewasserpumpe war eine fehlerhafte Temperaturmessung. Grund für den Turbinenschnellschluss war eine durch einen defekten Endschalter verursachte verzögerte Positionsrückmeldung eines Schiebers. Beide Ursachen wurden behoben.
- Am 22. September 2010 fiel gegen Mittag erneut eine der beiden Reaktorwärmepumpen aus. Die weitere Reduktion der Reaktorleistung durch automatische Reduktion der Drehzahl der noch laufenden Reaktorwärmepumpe und anschliessendes manuelles Einfahren von Steuerstäben verlief erwartungsgemäss. Nach Klärung der Störung wurde die Reaktorwärmepumpe wieder gestartet und die Reaktorleistung wurde auf Volllast erhöht. Die Reaktorwärmepumpe war ausgefallen, weil beim Freischalten einer Speisewasserpumpe auch ein Teil der Spannungsversorgung der Reaktorwärmepumpe abgeschaltet worden war. In der Vorschrift für die Freischaltung wurde nicht berücksichtigt, dass seit dem Revisionsstillstand 2010 die Spannungsversorgung der Speisewasserpumpe auch für die Reaktorwärmepumpe benötigt wird. Das Vorkommnis zeigte Verbesserungsbedarf bei der Planung von Anlagenänderungen.
- Am 3. November 2010 kam es wiederum zu einem Ausfall einer Reaktorwärmepumpe. Die weitere Reduktion der Reaktorleistung durch automatische Reduktion der Drehzahl der noch laufenden Reaktorwärmepumpe und anschliessendes manuelles Einfahren von Steuerstäben verlief erwartungsgemäss. Die Analyse der Fehlermeldungen zeigte eine Störung einer Leittechnikarte im neuen Frequenzrichter. Nach dem Ersatz der Karte wurde die Reaktorwärmepumpe wieder gestartet. Die entsprechende Karte wurde präventiv auch im Frequenzrichter der zweiten Reaktorwärmepumpe ersetzt. Anschliessend wurde die Reaktorleistung wieder auf Volllast erhöht.
- Am 4. November 2010 kam es zu einem erneuten Ausfall einer Reaktorwärmepumpe. Die weitere Reduktion der Reaktorleistung durch automatische Reduktion der Drehzahl der noch laufenden Reaktorwärmepumpe und anschliessendes manuelles Einfahren von Steuerstäben verlief erwartungsgemäss. Die Ursache für den Ausfall war eine Überhitzung der Filterdrossel im neuen Frequenzrichter, welche die vom Wechselrichter generierten höherfrequenten Spannungsanteile herausfiltert. Nach dem Ersatz der Filterdrossel wurde die Reaktorwärmepumpe wieder gestartet. Die entsprechende Filterdrossel wurde präventiv auch im Frequenzrichter der zweiten Reaktorwärmepumpe ersetzt. Diese wurde danach wieder gestartet und anschliessend wurde die Reaktorleistung auf Volllast erhöht.
- Im Rahmen von Instandhaltungsarbeiten am Kühl- und Reinigungssystem des Brennelementbeckens wurde am 25. November 2010 die bei einer früheren visuellen Prüfung in einem Strang des Systems festgestellte registrierpflichtige Anzeige an einer Absperrarmatur bestätigt. Im betroffenen Systembereich sind drei Stränge mit einer Kapazität von jeweils 50 % vorhanden. Die betroffene Absperrarmatur wurde ausgebaut und die Strukturintegrität des Armaturengehäuses rechnerisch und mittels Druckprüfung

nachgewiesen. In der Folge wurde die Armatur wieder eingebaut und der Strang in Bereitschaftsstellung versetzt. Obwohl die erforderlichen Nachweise für die Armatur erbracht sind, ist deren Ersatz in die Wege geleitet. Als Ursache wird eine herstellungsbedingte Abweichung angenommen, welche nach dem Ersatz der Armatur untersucht werden kann.

- Am 16. Dezember 2010 meldete das KKM die Reduktion einer im laufenden Zyklus 38 geltenden Betriebslimite des Reaktorkerns. Anlass war ein vom Brennelementhersteller festgestellter Fehler in einem Programm zur Berechnung dieser Betriebslimite für Brennelement-Typen mit teillangen Brennstäben. Für den weiteren Betrieb wird seither ein konservativ korrigierter Wert der Betriebslimite in der Kernüberwachung verwendet. Die berichtigte konservativere Limite war vor diesem Zeitpunkt in den Zyklen 35 bis 37 sowie im laufenden Zyklus 38 während insgesamt weniger Stunden überschritten worden, was bei einem Kühlmittelverluststörfall zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit von Hüllrohrschäden geführt hätte.

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

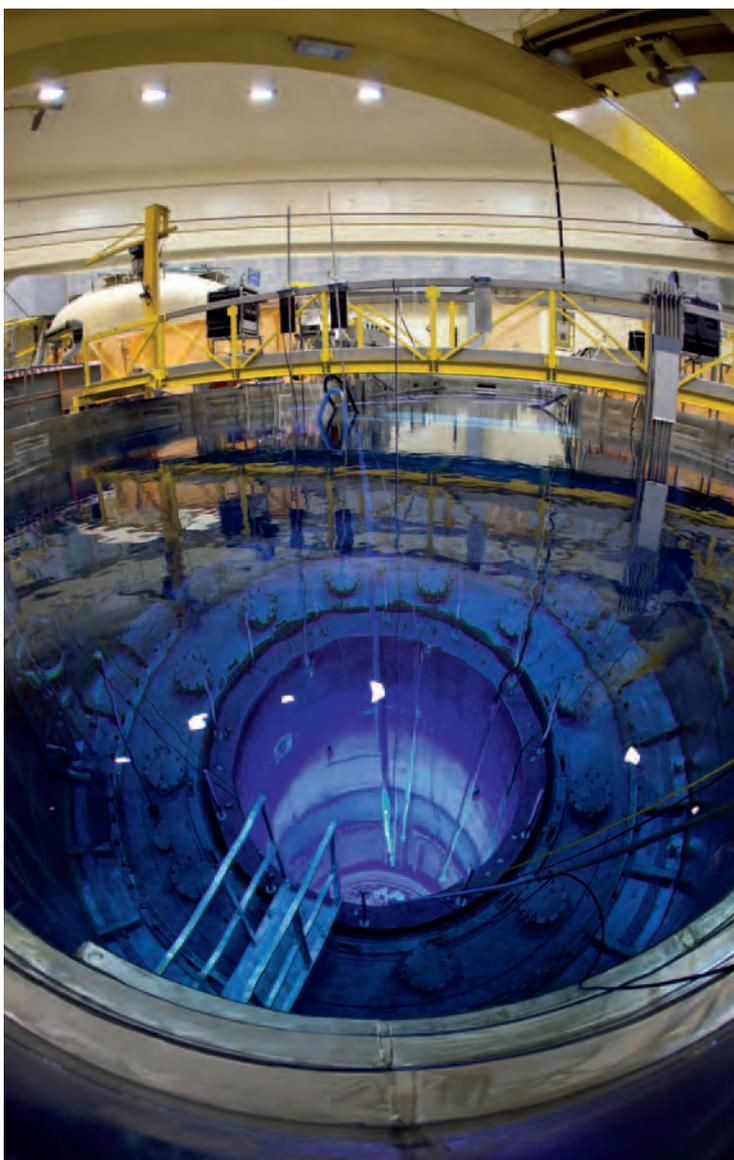
Die Revisionsarbeiten begannen am 15. August 2010 und dauerten bis zum 8. September 2010. Während dieser Zeit wurden geplante Tätigkeiten wie Brennelementwechsel und Brennelementinspektionen, Inspektionen elektrischer und mechanischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt.

Schwerpunkte bei den Wiederholungsprüfungen an mechanischen Komponenten waren Ultraschallprüfungen an den Kernsprühleitungen innerhalb des Reaktordruckbehälters (RDB), Ultraschallprüfungen an Stützeinschweißnähten, visuelle Inspektionen der Kerneinbauten im RDB, visuelle Inspektion des Torus sowie Ultraschallprüfungen und Wanddickenmessungen an Rohrleitungen des Primärkreislaufs. Folgende Prüfungen sind hervorzuheben:

- Das im Jahr 2006 erstmals eingesetzte Ultraschallprüfsystem für die Prüfung der Schweissnähte an der Kernsprühleitung wurde weiterentwickelt und bei der «Qualifizierungsstelle ZfP Schweiz» (QSt) qualifiziert. Es erlaubt nun zusätzlich eine Charakterisierung der Messanzeigen. Auf der Grundlage der diesjährigen Ergebnisse mit dem neuen qualifizierten Prüfverfahren gehen die bisher registrierten Befunde auf geometriebedingte Signale und auf Oberflächenmarkierungen zurück. Sicherheitstechnisch relevante Messanzeigen an den Schweissnähten der Kernsprühleitungen wurden keine gefunden. Die Kernsprühleitungen werden wie geplant im Jahr 2012 erneut geprüft.

- An vier Zylinder- und drei Deckelstützen am RDB wurden die Einschweißnähte und Innenkanten mechanisiert mit Ultraschall geprüft. Die Auswertung aller Prüfungen ergab keine unzulässigen Befunde.

Am offenen Reaktor während des Brennelementwechsels.  
Foto: KKM





- Vier Mischnähte und fünf austenitische Schweißnähte an den Umwälzschleifen, den Kernsprühleitungen und an den Anschlüssen des RDB wurden mechanisiert mit Ultraschall geprüft. Zur Prüfung der Aussenoberfläche wurde zusätzlich ein durch die QSt qualifiziertes Wirbelstromprüfsystem eingesetzt. Die Auswertung dieser Prüfungen ergab ebenfalls keine unzulässigen Befunde.
- Die Einbauten des RDB, mehrere Steuerstäbe sowie zwei Zuganker wurden einem Prüfprogramm mit Videokamera unterzogen. Die Auswertung dieser Prüfungen ergab keine unzulässigen Befunde.
- Im Rahmen der periodischen Entleerung und Reinigung des inneren Torus sowie der Torusringleitung erfolgte eine visuelle Prüfung der Innenoberfläche des Torus sowie der vorhandenen Einbauten. Diese zeigte keine Befunde. Die Sumpfsiebe befanden sich in einem guten Zustand ohne Anzeichen von Korrosion. Gegenüber der letzten Prüfung im Jahr 2007 wurden keine Veränderungen festgestellt.
- Bei den Wanddickenmessungen an den Rohrleitungen des Primärkreislaufs wurden keine Unterschreitungen der rechnerischen Mindestwanddicken festgestellt.

Schwerpunkte des diesjährigen Wiederholungsprüfprogramms an elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen waren die komponenten- und verfahrenstechnischen Prüfungen der Leittechnik einer SUSAN-Redundanz sowie zweier Reaktorschutz-Redundanzen. Bei den Eigenbedarfsanlagen wurden die festgelegten Umschaltmöglichkeiten überprüft. Weiter wurde die erforderliche Kapazität sämtlicher Batterien von zwei der vier Stränge durch Entladung und Wiederaufladung nachgewiesen. Überprüft wurden auch sämtliche Gleich- und Wechselrichter der 24-V- und 125-V-Anlagen, der beiden sicheren Schienen sowie der Redundanzen des SUSAN. Bei den

durchgeführten Prüfungen wurden keine unzulässigen Befunde oder Abweichungen festgestellt. Erwähnenswert sind bei den Instandhaltungsmassnahmen die Revisionen von Block- und Eigenbedarfstransformatoren, Schaltanlagen und Motoren, Anfahr- und Haustransformatoren sowie der Ersatz eines Haustrafos.

Das ENSI erteilte am 8. September 2010 die Freigabe des Leistungsbetriebs des Reaktorkerns für den 38. Betriebszyklus. Das Wiederanfahren des Reaktors und der Gesamtanlage dauerte 12 Tage, in welchen Einstellarbeiten, wiederkehrende Anfahrtests sowie spezielle Tests der vollumfänglich erneuerten Antriebe und Steuerung der Reaktorummwälzpumpen ausgeführt wurden (vgl. Kap. 2.3.2).

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 würden. 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:

- Bei den beiden Reaktorummwälzpumpen wurden im Revisionsstillstand die Antriebssysteme und die Steuerung vollumfänglich erneuert. Die bisherigen rotierenden Umformergruppen wurden durch Frequenzumrichter ersetzt. Mit der Unterbringung des Frequenzumrichters in einer separaten Halle konnten im Maschinenhaus die Brandlast reduziert und die Lüftungsanlagen zur Abführung der anfallenden Wärmemengen entlastet werden. Der Motor einer der beiden Reaktorummwälzpumpen wurde durch den revidierten Reservemotor ersetzt. Beim Wiederanfahren nach dem Revisionsstillstand und beim Betrieb bis Ende des Berichtsjahrs waren mehrere Ausfälle einer der beiden Reaktorummwälzpumpen zu verzeichnen (vgl. Kap. 2.2).
- In einem der beiden Kernsprühsysteme wurden neue Absperrschieber und Rohrleitungen mit Stutzenabgang für die Druckmessung und die Entleerung eingebaut und die entsprechenden Halterungen angepasst.
- Die Optimierung der Frischdampf-Kondensat-Ableitung für das Reaktorkernisoliations-Kühlsystem (RCIC) verbessert dessen Verfügbarkeit. Sie

ermöglicht, den Kondensatabscheider und das Bypassventil während des Betriebs und ohne Ausserbetriebnahme des RCIC auszutauschen. Im Berichtsjahr wurde die Optimierung am ersten der beiden RCIC durchgeführt. Die Optimierung des zweiten ist für das Jahr 2011 geplant.

- Vor dem Revisionsstillstand wurde das neue Betriebsgebäude Nord mit dem Stand der Technik entsprechender Infrastruktur für den Zonenzutritt in Betrieb genommen. Im bestehenden Betriebsgebäude wurden der Zutritt in die kontrollierte Zone sowie die Aktivwäscherei vollständig erneuert bzw. ausgebaut.
- Die Neugestaltung der Sicherungszentrale sowie die Gesamterneuerung des Perimeters wurden abgeschlossen.
- Die bisherige rotierende Umformergruppe der 115/220-V-Spannungsversorgung der zweiten Redundanz des Reaktorschutzes wurde durch eine statische unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) ersetzt. Dabei wurde auch der entsprechende Raum seismisch und brandschutztechnisch ertüchtigt. Die entsprechende Nachrüstung der ersten Redundanz des Reaktorschutzes war im Vorjahr erfolgt.
- Das KKM erneuerte Schutz und Vor-Ort-Steuerung an einer Schiene der 6-kV-Schaltanlage und am Anfahrtransformator sowie Druckmessstellen der Turbineninstrumentierung.

### 2.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im August 2010 wurde der 37. Betriebszyklus des KKM planmässig abgeschlossen, wobei die eingesetzten Brennelemente ein bestimmungsgemässes Betriebsverhalten zeigten. Dies folgte aus der laufenden Überwachung der Kühlmittelaktivität sowie aus Inspektionen an insgesamt 16 ausgewählten Brennelementen. Die Inspektionen bestätigten erneut, dass die Edelmetalleinspeisung in das Kühlmittel (vgl. 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. Zwecks einer Einsatzoptimierung wurden vier Steuerstäbe umgesetzt und gleichzei-

tig visuell inspiziert, wobei keine Befunde festgestellt wurden.

Für den 38. Betriebszyklus setzte das KKM insgesamt 36 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 Beladeplan 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. Abgesehen von der in Kap. 2.2 erwähnten Ausnahme, wurden die Betriebsgrenzen eingehalten.

## 2.4 Strahlenschutz

Im Jahr 2010 betrug die akkumulierte Kollektivdosis für das KKM 976 Pers.-mSv. Die maximale Individualdosis lag mit 9,2 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. Der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz war im ganzen Betriebsjahr angemessen und ermöglichte es, die administrativen und technischen Schutz- und Überwachungsaufgaben korrekt auszuüben und sicherzustellen. Die regelmässig wiederkehrenden und arbeitsbedingten Kontaminationskontrollen der Oberflächen und der Luft bestätigten einen sauberen radiologischen Zustand der kontrollierten Zone des KKM.

Das ENSI führte in der Berichtsperiode eine unangemeldete und mehrere angemeldete Inspektionen zum Thema Strahlenschutz durch. In den inspizierten Bereichen wurden keine Abweichungen von den Vorgaben festgestellt und das ENSI kam zum Schluss, dass im KKM ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird. Die Edelmetalleinspeisung wurde fortgesetzt. Bereits zum sechsten Mal wurde eine wasserlösliche Platinverbindung in das Reaktorwasser eingespeist. Gemeinsam mit der kontinuierlichen Zugabe von Wasserstoff werden dadurch die Einbauten im Reaktordruckbehälter vor Spannungsrisskorrosion geschützt.

Die Kollektivdosis aller Mitarbeitenden im Revisionsstillstand lag bei 735 Pers.-mSv (EPD). Der vom KKM vor Beginn der Arbeiten geschätzte Wert lag bei 890 Pers.-mSv.

Dank der schadenfreien Brennelemente war die Ausgangslage für die Revisionsarbeiten radiologisch gesehen auch in diesem Jahr günstig. Für die niedrigen Werte des radioaktiven Iod-131 zu Beginn der Revisionsarbeiten war die geplante Unterbrechung der Wasserstoffeinspeisung rund 48 Stunden vor dem Abfahren der Anlage massgebend.

Die Dosisleistungen an den Kerneinbauten und am Reaktorwasser-Reinigungssystem sind im Vergleich zum Vorjahr überwiegend zurückgegangen. Hingegen stieg die mittlere Dosisleistung 2010 mit 1,67 mSv/h an den Umwälzschleifen im Vergleich zum Mittelwert des Jahres 2009 leicht um rund 4 % an, nachdem sie in den Vorjahren um 14 % und 24 % gefallen war.

Vor der Revision hatte das ENSI anlässlich einer Begehung des neuen Betriebsgebäudes Nord und des komplett erneuerten Zonenzutritts im bestehenden Betriebsgebäude sowie der sanierten Aktivwäscherei die Umsetzung der Vorgaben geprüft und erteilte die Freigabe für die aktive Inbetriebnahme ohne Auflagen.

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 0,0041 mSv für Erwachsene, 0,0043 mSv für Zehnjährige und 0,0049 mSv für Kleinkinder und liegen somit deutlich unter dem quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,3 mSv/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 1,4 mSv einschliesslich natürlicher Untergrundstrahlung keine wesentliche Veränderung gegenüber dem Vorjahr. 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 2010 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 43 m<sup>3</sup> geringer als im Vorjahr. Er bewegt sich in der Schwankungsbreite des mehrjährigen Mittelwertes 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 77 m<sup>3</sup> gering. Brenn- und brennbare Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren kommt im KKM die Zementierung von Harzen zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und Richtlinie ENSI-B05 erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden die anfallenden Betriebs- und brennbaren Harze 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 2010 insgesamt 181 t meldepflichtiges Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen. Dabei handelte es sich zu rund 78 % um Bauschutt.

## 2.6 Notfallbereitschaft

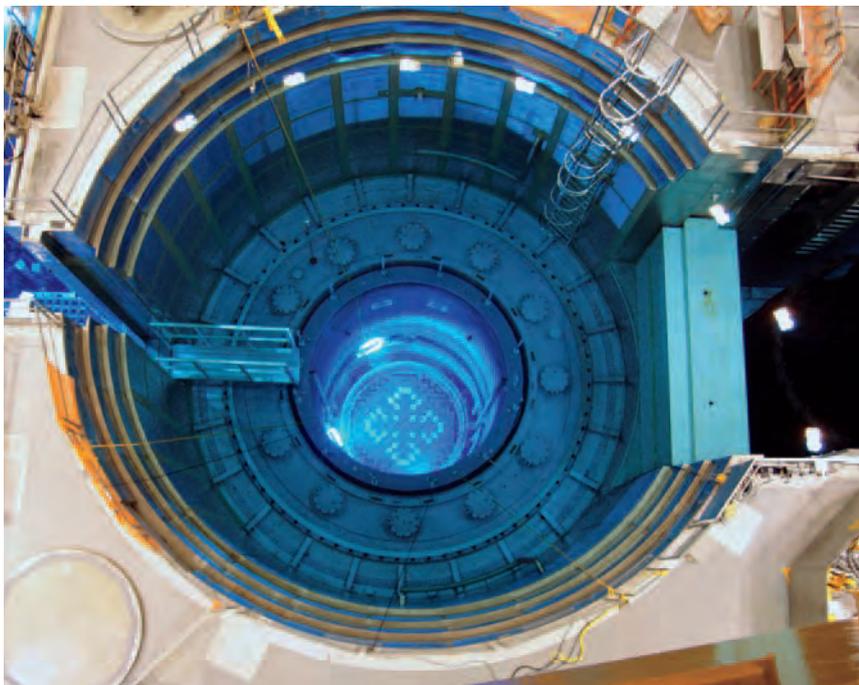
Die Notfallorganisation des KKM ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen zusammen mit einer entsprechenden Auslegung der Anlage hat das KKM die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau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

Das ENSI hat im November 2010 an der Werksnotfallübung LEILA die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Für die Übung wurde folgendes Szenario unterstellt: Durch Bersten eines Behälters im Reaktorwasser-Reinigungskreislauf gelangten Filterharze und Primärwasser in das Reaktorgebäude. Dabei wurden zwei Personen verletzt. Vom Kommandoraum aus wurde der Evakuierungsalarm ausgelöst. Die Personenevakuierung aus dem Reaktorgebäude wurde real geübt.

Aufgrund der Übungsbeobachtungen identifizierten das KKM und das ENSI punktuellen Verbesserungsbedarf, beispielsweise bei der Systematik der Stabsrapporte und beim Vorgehen zur Information der Öffentlichkeit und des Personals. Das ENSI kam zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Das KKM verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im November 2010 hat gezeigt, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit sind.

Im November 2010 löste das ENSI im KKM ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes gemäss Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.



Blick in den offenen Reaktor.  
Foto: KKM

## 2.7 Personal und Organisation

### 2.7.1 Organisation und Betriebsführung

Das KKM hat auf Anfang 2010 die Organisationseinheit Stab & Analysen zu einer Abteilung ausgebaut, da ihre Aufgaben in der probabilistischen und deterministischen Sicherheitsanalyse erweitert worden waren. In der Abteilung Maschinentechnik wurden die Fachstellen Zerstörungsfreie Prüfungen und Bautechnik entsprechend ihrer zunehmenden Bedeutung für den Langzeitbetrieb zu Ressorts. Ende 2010 umfasste der Personalbestand 341 Personen (2009: 340).

Zum Erhalt und zur Förderung eines hohen Sicherheitsbewusstseins hat das KKM im Rahmen der allgemeinen obligatorischen Schulung Veranstaltungen zum Thema Sicherheitskultur durchgeführt.

Die Schweizerische Vereinigung für Qualitäts- und Managementsysteme (SQS) hat Ende November 2010 das Managementsystem des KKM auditert und ohne Auflagen bezüglich der Normen ISO 9001:2008 (Qualitätsmanagement), ISO 14001:2004 (Umweltmanagement) und OHSAS 18001:2007 (Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz) rezertifiziert.

### 2.7.2 Personal und Ausbildung

Vier Schichtchef-Stellvertreter (A-Operateure) und zwei Schichtchefs des KKM legten ihre Zulassungsprüfung unter Aufsicht des ENSI 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 Anlage-Simulator und besteht in einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse bei wichtigen zukünftigen Tätigkeiten in der jeweiligen Funktion. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI inspizierte das Jahresprogramm der Wiederholungsschulung für das zulassungspflichtige Personal des KKM. Dabei ist besonderes Gewicht auf die Wiederholungsschulung am Anlage-Simulator gelegt worden, da sie einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Kompetenz des Schicht-teams zur Beherrschung von Störfällen und Betriebssituationen liefert. Gegenstand der Inspektion war auch das Verfahren der fachtechnischen, didaktischen und methodischen Qualifizierung der hauptamtlichen Ausbilder.

Zusätzlich hat das ENSI das Requalifikationstraining im KKM anhand zweier Simulatorszenarien inspiziert. Die Requalifikation dient dem Nachweis, dass der Zulassungsinhaber weiterhin die Anforderungen zur Ausübung seiner Funktion erfüllt und mit den aktuellen Vorschriften und Anlage-einrichtungen vertraut ist.

## 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. Das ENSI wird eine unabhängige Prüfung und Beurteilung der eingereichten Dokumente durchführen. Die aus der Prüfung resultierenden Ergebnisse werden vom ENSI in einem öffentlich zugänglichen Bericht dokumentiert. Bezüglich der Erledigung der Pendenzen aus der PSÜ 2005 wird auf Kap. 11.1.1 verwiesen.

## 2.9 Sicherheitsbewertung

### 2.9.1 Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2010 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System über 210 Inspektionsgegenstände, Ergebnisse von Zulassungsprüfungen, Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen und Sicherheitsindikatoren bezüglich ihrer Bedeutung für die nuk-

leare Sicherheit. 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
Sicherheits-ebenen	Ebene 1		A	A	V
	Ebene 2		V	N	N
	Ebene 3		V	A	N
	Ebene 4		V	N	N
	Ebene 5		V	N	N
Barrieren	Integrität der Brennelemente		A	A	N
	Integrität des Primärkreises		V	N	V
	Integrität des Containments		V		
ebenen- oder barrieren-übergreifende Bedeutung			N	A	N

Sicherheitsbewertung 2010 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 2.1 bis 2.7 ausführlicher behandelt. Die Mehrzahl der Sachverhalte ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung. Ebene 1, Betriebs-Vorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- In einer Freischalt-Vorschrift wurde nicht berücksichtigt, dass seit dem Revisionsstillstand 2010 die Spannungsversorgung der zugehörigen Speisewasserpumpe auch für die Reaktorummwälzpumpe benötigt wird. Dies führte zum Ausfall einer Reaktorummwälzpumpe.

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

- Eine Störung an einem Turbinen-Vordruckregler führte zu einer schnellen Leistungsreduktion.
- Bei einer im Revisionsstillstand 2009 ausgebauten Reservepumpe zur Kühlung des Torus wurde bei einer visuellen Prüfung nach Wartungsarbeiten im Jahr 2010 ein bewertungspflichtiger Befund festgestellt.
- An Abstandhaltern frischer Brennelemente traten Schäden auf, welche deren Einsetzbarkeit in Frage stellten.
- Ein während des Revisionsstillstands aus einem Speisewasserverteilung geborgener Teil eines

Sägeblatts führte zur Annahme, dass lose Teile in den Kühlkreislauf des Reaktors gelangt sein könnten.

- Ein fehlerhaftes Rückmeldesignal der Position eines Druckschiebers führte zweimal zum Ausfall einer Reaktorwärmepumpe und dadurch zu einer schnellen Leistungsreduktion.
- Eine fehlerhafte Temperaturmessung führte zum Ausfall einer Speisewasserpumpe, der wegen eines zusätzlichen Endschalterdefekts einen Turbinenschnellschluss auslöste.
- Aufgrund der Störung einer Leittechnikarte in einem neuen Frequenzrichter kam es zum Ausfall einer Reaktorwärmepumpe und einer schnellen Leistungsreduktion.
- Eine Überhitzung der Filterdrossel in einem neuen Frequenzrichter führte zum Ausfall einer Reaktorwärmepumpe und einer schnellen Leistungsreduktion.
- Eine Absperrarmatur im Kühl- und Reinigungssystem des Brennelementbeckens weist eine registrierpflichtige Anzeige auf.

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

- Der unter Ebene 1 erwähnte Befund an einer Reservepumpe zur Kühlung des Torus ist auch von Bedeutung für die Ebene 3.
- Eine Funktionsprüfung des Reaktorkernisoliations-Kühlsystems musste wegen einer Störung am Drehzahlregler abgebrochen werden. Eine Redundanz dieses Hochdruck-Einspeisesystems war nicht verfügbar.

Integrität der Brennelemente, Betriebs-Vorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- In einem Programm zur Berechnung einer Betriebslimite für Brennelement-Typen mit teillangen Brennstäben lag ein Fehler vor. Dieser hätte in den Zyklen 35 bis 37 sowie im laufenden Zyklus 38 während insgesamt weniger Stunden bei einem Kühlmittelverluststörfall die Wahrscheinlichkeit von Hüllrohrschäden erhöht.

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

- Die unter Ebene 1 genannten Abstandhalter-schäden an Brennelementen haben auch eine Bedeutung für die Integrität der Brennelemente. Ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala
- Die unter Ebene 3 erwähnte Unverfügbarkeit einer Redundanz des Reaktorkernisoliations-Kühlsystems war mit einer Risikohöherung über der

Relevanzschwelle verbunden. Ein Vorkommnis über der Relevanzschwelle führt mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 1 zu 100 Millionen zu einem Kernschaden. Die Wahrscheinlichkeit liegt im vorliegenden Fall unter 1 zu 1 Million.

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

Sicherheitsbewertung 2010 KKM: Schutzziel-Perspektive

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

## 2.9.2 Gesamtbewertung

### Auslegungs-Vorgaben

- Zu den Auslegungs-Vorgaben liegen keine Daten aus der Inspektionstätigkeit, Zulassungsprüfungen, der Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse und Sicherheitsindikatoren vor.
- Zur Beurteilung der Auslegungs-Vorgaben des KKM hat das ENSI jedoch Erkenntnisse aus der letzten Periodischen Sicherheitsüberprüfung PSÜ 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 und die für Neuanlagen geltenden Anforderungen zu einem großen Teil erfüllen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKM hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als gut.

### Betriebs-Vorgaben

- Das ENSI hat die nicht an den aktuellen Anlagenzustand angepasste Freischalt-Vorschrift, die zum Ausfall einer Reaktorwärmepumpe führte, und den Fehler in einem Programm zur Berechnung einer Betriebslimite für Brennelement-Typen mit teillangen Brennstäben als Abwei-

chungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit beurteilt. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKM hinsichtlich Betriebs-Vorgaben als gut.

#### Zustand und Verhalten der Anlage

- Das ENSI beurteilt die verschiedenen Reaktorumwälzpumpen- und Speisewasserpumpen-Ausfälle, die Turbinenreglerstörung sowie die Befunde an einer Toruskühlpumpe, an Brennelement-Abstandhaltern und den Verlust von Sägeblattteilen als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Das ENSI berücksichtigt, dass die Häufung betrieblicher Störungen namentlich auf Störungen während der Inbetriebnahme neuer Ausrüstungen nach

Anlagemodernisierungen zurückzuführen ist. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKM hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

#### Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Da aus der Inspektionstätigkeit, Zulassungsprüfungen, der Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse und Sicherheitsindikatoren keine Bewertungen der Kategorien A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKM hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als hoch.

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.



Blick auf das  
Kernkraftwerk Gösgen.  
Foto: ENSI

## 3. Kernkraftwerk Gösgen

### 3.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2010 zeichnete sich für das Kernkraftwerk Gösgen (KKG) durch einen ungestörten Volllastbetrieb aus. Das ENSI stellt fest, dass das KKG die bewilligten Betriebsbedingungen zu jedem Zeitpunkt eingehalten hat. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKG im Jahr 2010 hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als hoch, hinsichtlich Betriebs-Vorgaben als hoch, hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut sowie hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als hoch.

Das KKG ist eine 3-Loop-Druckwasserreaktor-Anlage und nahm seinen Betrieb 1979 auf. Die letzte ungeplante Reaktorschnellabschaltung trat am 11. Dezember 1990 auf, so dass für das KKG mit dem Jahr 2010 das zwanzigste Betriebsjahr ohne ungeplante Reaktorschnellabschaltung verzeichnet werden konnte.

In den vergangenen Jahren erfolgten Optimierungen und Anpassungen an Komponenten der nicht-nuklearen Anlagenteile, wodurch sich

bei gleicher thermischer Reaktorleistung von 3002 MW sowohl die elektrische Brutto- als auch die Nettoleistung erhöhte. Die Anpassung der Anlagendaten erfolgte am 1. Januar 2010. Die elektrische Bruttoleistung beträgt neu 1035 MW (bisher: 1020 MW), die elektrische Nettoleistung 985 MW (bisher: 970 MW). Weitere technische Daten sind im Anhang in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt; Figur 7a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage.

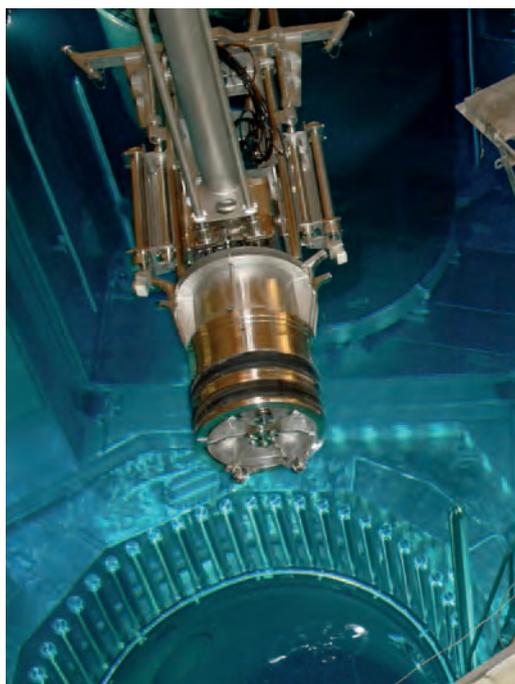
Während in den Jahren 2007 bis 2009 unmittelbar nach dem Wiederanfahren zum Leistungsbetrieb ein Anstieg der Iod- und Edelgasaktivität im Primärkühlmittel gemessen worden war, der auf Brennelementdefekte hindeutete, zeigte sich nach der Jahresrevision 2010 kein derartiger Aktivitätsanstieg. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die getroffenen Massnahmen, insbesondere die langsamer als normal erfolgte Leistungsaufnahme, Schäden an Brennelementen verhinderten. Die Messwerte der kontinuierlichen Überwachung der Kühlmittelaktivität lassen weiterhin darauf schliessen, dass im laufenden 32. Betriebs-

zyklus, im Unterschied zu den drei vorangegangenen Zyklen, bisher kein Brennelementdefekt aufgetreten ist.

Im KKG ereigneten sich 2010 insgesamt zehn meldepflichtige Vorkommnisse. Alle Vorkommnisse wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet.

Das ENSI führte im Rahmen seiner Aufsicht 93 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungen und kontrollierte deren Umsetzung.

Der Revisionsstillstand 2010 war geprägt durch zahlreiche wiederkehrende Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten an Systemen und Komponenten der Maschinen-, Elektro- und Leitetchnik, sowohl im nuklearen als auch im nicht-nuklearen Anlagenbereich. Weiterhin erfolgten umfangreiche Prüfungen am Reaktorkühlkreislauf sowie an den Schrauben des Kernbehälters und der Kernumfassung sowie Wirbelstromprüfungen an den Heizrohren der Dampferzeuger. Ebenso wurden die Notstandsbatterien und Gleichrichter für die unterbrochene Versorgung der Steuerung der Notstandssysteme ersetzt und der im Jahr 2008 begonnene Austausch der Kunststoffeinbauten im Kühlturm erfolgreich abgeschlossen. Es wurden 40 der insgesamt 177 Brennelemente durch neue Brennelemente ersetzt. Nach Abschluss der Arbeiten und nachdem sich das ENSI vom ordnungsgemässen Zustand der Anlage zum Wiederanfahren überzeugt hatte, nahm das KKG am 19. Juni 2010 die Stromproduktion wieder auf und erreichte am 29. Juni 2010 Vollast.



Absenken des Loopstopfers in die mit Wasser geflutete Reaktorgarbe.  
Foto: KKG

Die Strahlendosen während der gesamten Revisionsdauer und im Verlauf des ganzen Betriebsjahres zeichneten sich durch eine sehr tiefe Gesamtkollektivdosis aus. Die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung für strahlenexponierte Personen wurden jederzeit 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.

Drei Reaktoroperatoren bestanden ihre Zulassungsprüfung. Fünf Reaktoroperator-Anwärter absolvierten die theoretische Grundausbildung an der Reaktorschule des Paul Scherrer Instituts erfolgreich.

Das KKG hat im Berichtsjahr Anpassungen seiner Organisation vorgenommen.

### 3.2 Betriebsgeschehen

Die Arbeitsausnutzung des KKG betrug im Berichtsjahr 93,4 % bei einer Zeitverfügbarkeit von 93,8 %. Die Arbeitsausnutzung wurde erstmals unter Verwendung der neuen elektrischen Bruttolenistung von 1035 MW berechnet. Damit ergibt sich im Vergleich zu den Vorjahren, in denen noch mit 1020 MW gerechnet wurde, eine Verminderung der Arbeitsausnutzung um ca. 1,5 % bei gegebener Bruttoenergieerzeugung (siehe auch HSK-Aufsichtsbericht 2007, Fussnote zu Kap. 3.2). Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war hauptsächlich durch den Revisionsstillstand bedingt. Im Berichtsjahr lieferte die Anlage 167 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 10 Jahre ist in Figur 1 zusammengefasst. Im Berichtsjahr 2010 waren zehn meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Auf der internationalen Ereignisskala INES wurden alle Vorkommnisse der Stufe 0 zugeordnet. Für die Bewertung aus den Perspektiven gestaffelte Sicherheitsvorsorge und Schutzziele wird auch auf Kap. 3.9 verwiesen, für die risikotechnische Beurteilung auf Kap. 11.1.2.

■ Am 11. März 2010 kam es im externen Nasslager des KKG zu einem Übertritt von Wasser aus

einem Abwassersammelbehälter in das daran angeschlossene Lüftungssystem. Der Abwassersammelbehälter war im Rahmen von Brennelementtransfers aus dem Kompaktlager im Reaktorgebäude in das externe Nasslager durch aus dem Transportbehälter anfallendes Wasser überfüllt worden. Ein am Abwassersammelbehälter angeschlossenes Rückschlagentlüftungsventil hätte bei einem bestimmungsgemässen Einbau einen Übertritt von Wasser ins Lüftungssystem verhindert. Da aber das Rückschlagentlüftungsventil wegen eines Fehlers in einer technischen Zeichnung bereits seit der Inbetriebnahme des Nasslagers in einer falschen Einbaulage montiert war, konnte Wasser aus dem Abwassersammelbehälter in das Lüftungssystem übertreten. Wie eine radiologische Analyse zeigte, war das Wasser inaktiv. Demzufolge war das Lüftungssystem auch nicht kontaminiert worden. Das KKG baute das Ventil richtig ein. Unter ungünstigen Umständen hätte es zu einem Unterdruck im Abwassersammelbehälter und zu dessen Beschädigung kommen können.

- Am 29. April 2010 kam es zu einem kurzzeitigen Ansprechen eines der vier Reaktorschutzkanäle, welche über eine Zwei-von-vier-Verknüpfung bei einer Reaktorleistung von 108 % der Nennleistung eine Reaktorschnellabschaltung auslösen. Ursache dafür war ein kurzzeitiger, lokaler Anstieg der Neutronenflussdichte, wie er in Druckwasserreaktoren gegen Ende des Betriebszyklus gelegentlich auftritt. Um die Wahrscheinlichkeit für eine Reaktorschnellabschaltung infolge gleichzeitigen Ansprechens von zwei der erwähnten Reaktorschutzkanäle zu minimieren, wurde die Reaktorleistung vorübergehend um 2 % reduziert. Nach der Analyse der Daten des Prozessrechners und einer Kalibrierung der Leistungsmessung gemäss anwendbarer Vorschrift wurde die Reaktorleistung wieder um 1 % angehoben. Der lokale kurzzeitige Leistungsanstieg hatte keine sicherheitstechnische Bedeutung, da er durch inhärente Eigenschaften des Reaktorkerns kompensiert wurde.
- Am 17. Mai 2010 kam es zu einem Ausfall einer Iodaktivitätsmessstelle im Fortluftkamin. Die Aktivitätsmessstelle dient der Überwachung der Aktivitätsabgaben des KKG und dem Nachweis der Einhaltung von gesetzlich vorgegebenen Strahlenschutzgrenzwerten. Durch einen Filterwechsel konnte die Funktion der Messstelle nach rund einer Stunde wieder hergestellt werden. Die Überwachung und Bilanzierung der Aktivitätsab-

gaben war durch andere Messstellen permanent sichergestellt. Im Weiteren befand sich die Anlage während der Nichtverfügbarkeit der Iodaktivitätsmessstelle im ungestörten Betrieb. Daher hatte das Vorkommnis nur eine geringe sicherheitstechnische Bedeutung.

- Bei Reinigungsarbeiten im Ringraum des Reaktorgebäudes kam es infolge einer Rauchentwicklung in einem defekten Wassersauger am 28. Juni 2010 zu einem Ansprechen einer Brandmeldelinie im betroffenen Gebäudeabschnitt. Durch das Auslösen der Brandmelder wurden ebenfalls zwei in diesem Gebäudeabschnitt befindliche Abluftventilatoren ordnungsgemäss ausgeschaltet. Nach weniger als einer Stunde, und nachdem sich das KKG einen Überblick über die Situation verschafft hatte, wurden die Abluftventilatoren wieder zugeschaltet. Ergänzende Untersuchungen zeigten, dass infolge eines Fehlers in der Programmierung der neuen Brandmeldeanlage der Gebäudeabschluss für den Ringraum und das Reaktorgebäude nicht angeregt worden war. Das KKG korrigierte den Fehler umgehend.
- Bei der Durchführung einer Prüfung am 28. Juli 2010 trat kurz nach dem Start eines Notstanddiesels eine Störung in einer Überwachungsbaugruppe eines Gleichrichters auf. Als Folge der Störung kam es nicht zur vorgesehenen Zuschaltung des Gleichrichters auf die ihm zugeordnete Notstandsschiene. Daher wurden die der betroffenen Schiene zugeordneten Notstandsbatterien während rund 2 Stunden nicht geladen. Die betroffene Schiene und alle ihr zugeordneten Sicherheitssysteme waren während dieser Zeit durch die Notstandsbatterien permanent mit Spannung versorgt. Nachdem eine fehlerhafte Lötstelle als Fehlerursache ermittelt und korrigiert worden war, konnte der Gleichrichter wieder zugeschaltet werden.
- Am 15. September 2010 wurde eine Störung an der Steuerung einer Gebäudeabschlussarmatur des Anlagenentwässerungssystems festgestellt. Als Ursache konnte eine lose Sicherung in der Ansteuerung der Abschlussarmatur festgestellt werden. Durch Anziehen der Sicherungskappe wurde der Fehler behoben. Die betroffene Absperrarmatur wäre im Anforderungsfall offen geblieben. Zur Gewährleistung des sicheren Gebäudeabschlusses sind zwei redundante Absperrarmaturen in der betroffenen Rohrleitung der Anlagenentwässerung installiert. Die zweite Absperrarmatur hätte im Anforderungsfall den sicheren Abschluss gewährleistet.

- Am 29. September 2010 wurde im Vorfeld der Durchführung einer Reaktorschutzprüfung die Ölversorgungspumpe einer Pumpe im Zusatzboriersystem gestartet. Nach ungefähr zwei Minuten fiel die Ölversorgungspumpe infolge des Ansprechens einer Thermosicherung unerwartet aus. Die Sicherung wurde kontrolliert. Dabei wurde keine direkte Ursache für das Ansprechen der Thermosicherung festgestellt und der anschliessend durchgeführte Test verlief erfolgreich. Es ist daher von einem zufälligen Einzelfehler auszugehen. Der zweite Strang des Zusatzboriersystems stand permanent zur Verfügung.
- Am 10. Oktober 2010 wurde bei einem Rundgang von einem Anlagenoperator festgestellt, dass der mechanische Reinigungsrechen in der zweiten Wasserfassung nicht in seiner korrekten Endlage zum Stehen gekommen war. Auch bei einer manuellen Überprüfung der Steuerung durch den Anlagenoperator konnte der Reinigungsrechen nicht mehr bewegt werden. Nach Umschalten in eine andere Betriebsart konnte der Rechen wieder bewegt und anschliessend nach erfolgreicher Funktionsprüfung in den automatischen Betrieb zurückgeschaltet werden. Ursache für das Vorkommnis war das Umschalten von Dauerbetrieb auf Automatik am Ende der am Vortag durchgeführten Funktionsprüfung zu einem Zeitpunkt, der eine Blockierung des Reinigungsrechens begünstigte. Der Reinigungsrechen dient dazu, die Kühlwasserpumpe vor einer allfälligen Verschmutzung durch im Aarewasser getragenes Schwemmgut zu schützen. Das KKG nahm aufgrund des Ausfalls der Steuerung an, dass die Wasserfassung im Anforderungsfall möglicherweise nicht verfügbar gewesen wäre. Die zweite Wasserfassung stellt sicher, dass bei einem Ausfall der normalen Kühlwasserfassung die Anlage weiterhin mit Kühlwasser versorgt werden kann. Im Rahmen des Mitte 2010 gestarteten Projekts zur Erneuerung der zweiten Wasserfassung soll auch die Rechenanlage verbessert werden.
- Am 13. Oktober 2010 meldete der Prozessrechner die Störung eines Gleichrichters, über den die Notstandsbatterien in einem Strang geladen werden. Ursache war eine sporadische Fehlfunktion der Messwerterfassungskarte des betroffenen Gleichrichters. Nach Quittierung der anstehenden Störung konnte der Gleichrichter wieder zugeschaltet werden. Nach rund 45 Minuten trat die gleiche Störung erneut auf. Das KKG hat daraufhin die betroffene Messwertkarte gegen

eine geprüfte Ersatzkarte ausgetauscht und den Gleichrichter wieder in Betrieb genommen.

- Infolge des Ansprechens eines Überdrehzahlschutzes eines rotierenden Umformers, der eine gesicherte Stromschiene versorgt, wurde dieser am 3. November 2010 automatisch abgeschaltet. Nach dieser Abschaltung wurde die betroffene gesicherte Schiene automatisch von einer Notstromschiene versorgt. Zur Entlastung dieser Notstromschiene wurde ein Reserveumformer auf die betroffene gesicherte Schiene aufgeschaltet. Ein defekter Drehzahlregler hatte zum Ansprechen des Überdrehzahlschutzes des rotierenden Umformers geführt. Der defekte Drehzahlregler wurde gegen ein geprüftes Reservegerät ausgetauscht. Durch den kurzzeitigen Einbruch der Spannung während der automatischen Umschaltung wurden keine Aggregateumschaltungen angeregt und es kam auch nicht zu Ausfällen.

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.

### 3.3 Anlagetechnik

#### 3.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstands vom 28. Mai bis zum 19. Juni 2010 wurden Routinetätigkeiten wie der Brennelementwechsel, zerstörungsfreie Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten an mechanischen, elektro- und leitetechnischen Einrichtungen und Systemen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. Einige der im Revisionsstillstand durchgeführten Arbeiten und Prüfungen sind nachfolgend aufgeführt.

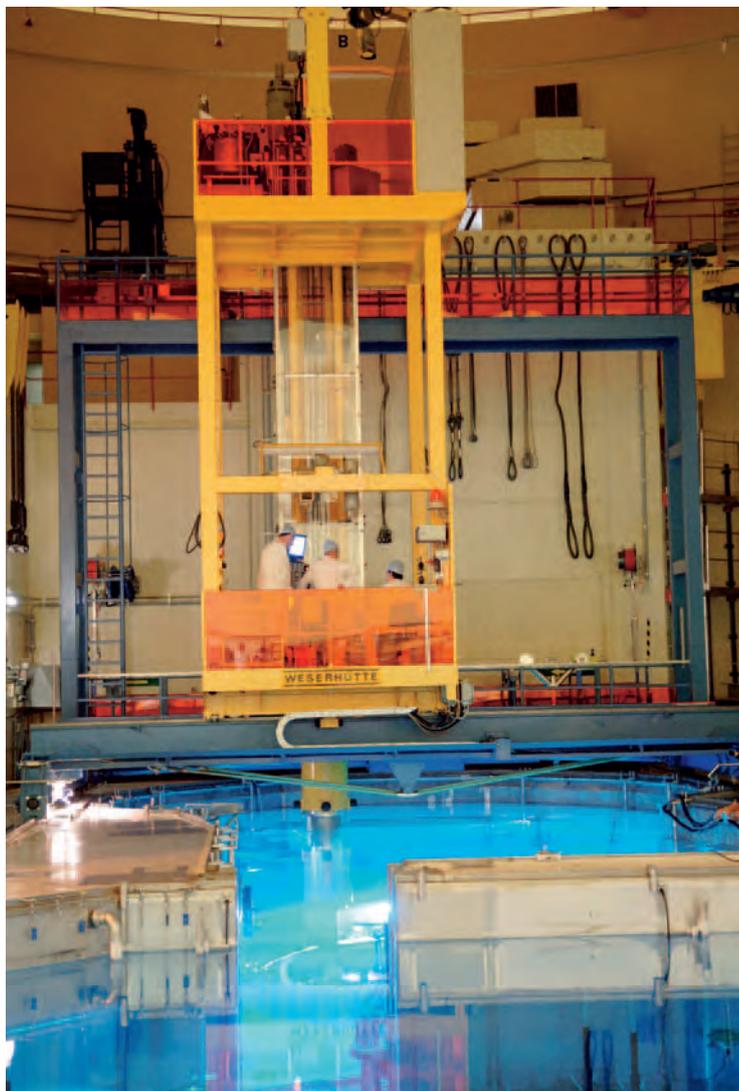
- Die Kernbehälter- und Kernumfassungsschrauben wurden visuell und mit Ultraschall geprüft. Die Mischnähte am Druckhalter wurden visuell geprüft. Die Prüfungen ergaben keinerlei Befunde.
- In zwei der drei Dampferzeuger wurden alle Heizrohre mit Wirbelstrom geprüft. Ein Heizrohr mit einer Wandschwächung von 44 % wurde vorsorglich verschlossen. Der letzte noch vorhandene Tellerfederstopfen zum Verschluss eines Heizrohrs wurde durch einen Schweissstopfen ersetzt.

- Zwei Druckhalter-Heizstäbe wurden vorsorglich ersetzt. Der Austausch der Heizstäbe fand erstmalig im KKG statt. Die Arbeiten konnten auch unter strahlenschutztechnischen Gesichtspunkten erfolgreich durchgeführt werden.
- Der Motor einer der drei Hauptkühlmittelpumpen wurde turnusgemäss gegen einen in der Vorjahresrevision aus einer anderen Pumpe ausgebauten und überholten Motor ausgetauscht.
- Der 2008 begonnene und 2009 fortgesetzte Austausch der Kühlelemente im Kühlturm wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Die neuen, widerstandsfähigeren Elemente haben sich im Betrieb bereits bewährt.
- Das mehrjährige Projekt ANTIKE zum Austausch von nicht qualifizierten oder nicht qualifizierbaren Komponenten der Elektrotechnik wurde mit folgenden Arbeiten abgeschlossen: Austausch der Niveaumessung im Reaktorgebäudeumpf gegen eine störfallfeste Messung, Ersatz der binären Stellungsgeber und der Auswertelektronik an den Ventilen des Not- und Nachkühlsystems, Austausch der Kabelbrücke und Steckerplatten von 48 Kabeln der Steuerstabantriebe, Einbau einer diversitären Loop-Niveau-Messung sowie Ersatz von Messwertschreibern im Hauptkommandoraum. Mit dem Projekt ANTIKE wurden festgestellte Nachweislücken bezüglich Störfallfestigkeit bei Kühlmittelverlusten und Ringraumleckagen geschlossen.
- Der Ersatz von 6-kV-Stromwandlern wurde fortgesetzt. Diverse 380-V-, 6-kV- und 10-kV-Motoren wurden kontrolliert. An den Hochspannungsdurchführungen der Blocktransformatoren wurden Teilentladungs-Messeinrichtungen eingebaut.
- Die Notstandverteilung wurde einer Grossrevision unterzogen. Die 48-V-Notstandbatterien und -gleichrichter wurden ersetzt.
- Der zentrale Erdungspunkt der Anlage wurde durch eine Flächenerdung ersetzt.
- Am Generator wurden die Stromdurchführungen ausgetauscht und Kontrollen vorgenommen sowie der Dichtring erregenseitig gegen einen Stahldichtring ausgetauscht.

### 3.3.2 Anlageänderungen

Von den im Berichtsjahr durchgeführten Anlageänderungen ausserhalb des Revisionsstillstands sind folgende erwähnenswert:

- Das KKG begann mit der Realisierung einer autarken Luftzufuhr für das externe Nasslager. Gegenwärtig wird die Zuluft über das Reaktorhilfs-



Hebebühne und  
Vorrichtung für den  
Brennelementwechsel.  
Foto: KKG

anlagengebäude zugeführt. Nach der Änderung erfolgt die Frischluftzufuhr über eine Öffnung im Systemtrakt in die Betriebs- und Anlagenräume des externen Nasslagers. Der Abluftpfad aus dem externen Nasslager bleibt unverändert.

- Die Fördermenge der betrieblichen Spülluftanlage im Reaktorgebäude wird vergrössert, um bei Arbeiten an Komponenten des Primärkühlkreislaufrs während des Revisionsstillstands die radioaktiven Stoffe aus der Raumluft besser filtern zu können. Die Änderungsarbeiten konnten noch vor Beginn der Revisionsabstellung für einen Lüftungsstrang durchgeführt werden, so dass für die Revisionsabstellung 2010 bereits eine erhöhte Spülluftkapazität zur Verfügung stand.

### 3.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im 31. Betriebszyklus wies eine erhöhte, aber gemäss Technischer Spezifikation zulässige Aktivitätskonzentration im Primärkühlmittel auf Brennstableckagen hin. Im Revisionsstillstand wurden

bei der Dichtheitsprüfung drei defekte Brennelemente mit Brennstoff aus wiederaufgearbeitetem Uran (WAU) gefunden. Insgesamt waren sechs Brennstäbe betroffen. Sie waren jeweils einen Brennstoffzyklus im Einsatz gewesen und zu Beginn des zweiten Zyklus defekt geworden. Auf die Reparatur dieser Brennelemente während des Revisionsstillstands und deren Einsatz im 32. Betriebszyklus wurde verzichtet.

Während des Revisionsstillstands wurden 40 frische WAU-Brennelemente in den Reaktorkern geladen. Der Reaktorkern enthält somit im 32. Betriebszyklus insgesamt 4 Uran-, 141 WAU- und 32 Uran-/Plutonium-Mischoxid-Brennelemente (MOX-Brennelemente).

Bei der Inspektion von leckagefreien Standard-Brennelementen mit Uran-, MOX- und WAU-Brennstoff und verschiedenen Standzeiten wurden auslegungsgemässe Zustände festgestellt. Die untersuchten Hüllrohre aus so genanntem M5-Material und die Standard-Hüllrohre wiesen nur geringe, den Erfahrungen entsprechende Oxidschichtdicken auf. Die im Einsatz befindlichen Brennstäbe mit chromoxiddotiertem Uran-Brennstoff wiesen nach drei Betriebszyklen keine Besonderheiten auf.

Die Steuerstabfinger aller 48 Steuerelemente wurden während des Revisionsstillstands mittels Wirbelstromprüfung auf Wanddickenschwächungen und Beschädigungen hin untersucht. Bei drei Steuerelementen der Erstausrüstung, das sind Steuerelemente, die über 20 Zyklen im Einsatz waren,

Einbau eines revidierten Lagers der Hauptkühlmittelpumpe.

Foto: KKG



sind Rissanzeigen festgestellt worden. Sie wurden vorsorglich gegen neue Steuerelemente ausgetauscht. Alle anderen Steuerelemente befanden sich in einem auslegungsgemässen Zustand. Im 32. Betriebszyklus kommen 44 Steuerelemente aus Nachlieferungen sowie 4 aus der Erstausrüstung zum Einsatz.

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

Im Berichtszeitraum 2010 ist der Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernausberechnung überein. Die Betriebsgrenzen wurden eingehalten.

Da die Brennstabschäden im 30. und 31. Zyklus schon zum Zyklusanfang beim Hochfahren der Anlage auftraten, hat das KKG zur Vermeidung weiterer Schäden im Zyklus 32 eine Modifikation der Anfahrweise vorgenommen. Vollast wird erst etwa 10 Tage nach Zyklusbeginn erreicht. Das ENSI betrachtet diese Massnahme als angemessen, um beim jetzigen Stand der Erkenntnisse über die aufgetretenen Brennstabschäden weitere Schäden zu vermeiden. Die niedrigen Aktivitätskonzentrationen im Primärkühlmittel nach dem Anfahren zum Zyklus 32 weisen darauf hin, dass keine Brennstoffleckage aufgetreten ist.

Untersuchungen der defekten Brennstäbe am Paul Scherrer Institut (PSI) im Herbst 2010 zeigten, dass die Schäden auf eine unerwünschte Brennstoff-Hüllrohr-Wechselwirkung infolge von Oberflächenfehlern einzelner Brennstofftabletten zurückzuführen sind. Die vom ENSI freigegebene Reparatur der im Zyklus 31 defekt gewordenen Brennelemente hat im Herbst 2010 stattgefunden. Dabei wurden die sechs defekten Brennstäbe durch Stäbe ohne Brennstoff ersetzt.

### 3.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2010 betrug die Kollektivdosis im KKG 595 Pers.-mSv. Die höchste im KKG registrierte Individualdosis betrug 8,1 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde unterschritten.

Bei den Arbeiten während des Revisionsstillstands wurden 453 Pers.-mSv akkumuliert, geplant waren 462 Pers.-mSv. Es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die nicht mit einfachen Mitteln (Waschen oder Abbürsten) entfernt werden konnten. Es sind keine Inkorporationen aufgetreten.

Wie erwartet, stieg aufgrund der Brennstab-Hüllrohrdefekte die Luftkontamination in den Anlageräumen nach dem Anheben des Reaktordruckbehälter-Deckels während der Revisionsabstellung an. Schon vor der Revisionsabstellung hatte das KKG die Spülluftanlage im Containment erneuert und dabei die Kapazität für die Rückhaltung radioaktiver Stoffe nennenswert erhöht. Damit und mit weiteren Massnahmen konnte die Luftkontamination innert einiger Stunden unter den für das Jahresmittel geltenden Richtwert gesenkt werden. Es bestand somit keine Gefährdung von Personen 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 im Hinblick auf den Umgang mit den Folgen der Brennstab-Hüllrohrdefekte als vorbildlich bezeichnet werden darf. Der Personalbestand im Strahlenschutz war jederzeit angemessen.

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 betragen höchstens 0,0013 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 ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Die EDIS-Dosimeter

(Environmental Direct Ion Storage Dosimeter), die seit Anfang des Berichtsjahres anstelle der früher verwendeten TLD an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals die Dosis messen, zeigten 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 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 Gösigen wird auf den Strahlenschutzbericht 2010 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 14 m<sup>3</sup> gleich wie im Vorjahr. Der Anfall bewegt sich in der Schwankungsbreite des mehrjährigen Mittelwerts 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 45 m<sup>3</sup> gering. Brenn- und brennbare 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 wurden Waschwasserkonzentrate und Harze in Bitumen verfestigt.

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 11 t meldepflichtiges Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen. Dabei handelte es sich ausschliesslich um metallischen Schrott. Im Frühjahr 2010 fanden vier innerbetriebliche Transporte von insgesamt 48 abgebrannten Brennelementen aus dem Brennelementbecken des Reaktorgebäudes in das externe KKG-Nasslager statt.

### 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 Dezember 2010 anlässlich der Werksnotfallübung BINTAKO die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Für die Übung wurde angenommen, dass das 400-kV- und das 220-kV-Netz gleichzeitig ausfallen. Im weiteren Verlauf entzündete sich ausgetretenes Öl und es kam zu einer Reaktorschnellabschaltung, welche angesichts der ausgefallenen externen Netze einen Notstromfall zur Folge hatte. Zusätzlich wurde ein Leck am Primärkreislauf unterstellt.

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

Eine Inspektion im Dezember 2010 hat gezeigt, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit sind. Im November 2010 löste das ENSI im KKG ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werksnotfallstabes gemäss Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

## 3.7 Personal und Organisation

### 3.7.1 Organisation und Betriebsführung

Das KKG hat die Gruppe Nukleartechnik in die Abteilung Kernbrennstoff integriert und das Ressort Informatik zu einer Abteilung ausgebaut. Ende 2010 arbeiteten im KKG 476 Personen (2009: 478). Eine Arbeitsgruppe Sicherheitskultur befasst sich im KKG mit gezielten Fördermassnahmen. Beispielsweise werden Fehlervermeidungstechniken geschult.

Die Schweizerische Vereinigung für Qualitäts- und Managementsysteme (SQS) hat im März 2010 das Managementsystem des KKG auditert und ohne Auflagen bezüglich der Normen ISO 9001:2008 (Qualitätsmanagement), ISO 14001:2004 (Umweltmanagement) und OHSAS 18001:2007 (Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz) rezertifiziert.

### 3.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden fünf Reaktoroperateur-Anwärter des KKG unter Aufsicht des ENSI die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagen-ausbildung an der PSI-Technikerschule. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Die Ausbildung vermittelt die erforderlichen theoretischen Kenntnisse auf den Gebieten der thermischen Kraftwerkstechnik, Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz.

Drei Reaktoroperateure des KKG legten ihre Zulassungsprüfung unter Aufsicht des ENSI 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 bei wichtigen zukünftigen Tätigkeiten. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI inspizierte das Jahresprogramm der Wiederholungsschulung für das zulassungspflichtige Personal des KKG. Dabei wurde besonderes Gewicht auf die Wiederholungsschulungen am Anlagesimulator gelegt, da sie einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Kompetenz des Schichtteams zur Beherrschung von sicherheitsrelevanten Störfällen und Betriebsituationen liefert. Gegenstand der Inspektion war auch das Verfahren der fachtechnischen, didaktischen und methodi-

schen Qualifizierung der hauptamtlichen Ausbilder. Zudem hat das ENSI auch das Störfalltraining am Beispiel von zwei Simulatorszenarien inspiziert. Bei diesem Training werden vom Schichtteam die Bewältigung von anspruchsvollen Störfallszenarien am Anlagesimulator unter Anwendung der aktuellen Vorschriften und Anlageeinrichtungen verlangt. Das ENSI konnte sich dabei überzeugen, dass die Schichtteams ihre Aufgabe gut erfüllten.

### 3.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Im Jahr 2008 hatte das KKG die von der Kernenergieverordnung im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) geforderte Dokumentation eingereicht. Aufgrund der Grobprüfung in der ersten Jahreshälfte 2009 hatte das ENSI vom KKG ergänzende Unterlagen nachgefordert. Diese wurden bis Ende 2009 erstellt. Sämtliche Unterlagen zur PSÜ wurden im Jahr 2010 durch das ENSI vertieft geprüft. Die Ergebnisse werden im 2011 in Form einer Stellungnahme veröffentlicht.

### 3.9 Sicherheitsbewertung

#### 3.9.1 Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2010 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System über 160 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	
	Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele				
Ebene 1	A	V	A	V
Ebene 2		N	A	V
Ebene 3	V	V	A	V
Ebene 4			N	N
Ebene 5			N	N
Integrität der Brennelemente			N	N
Integrität des Primärkreises		V	N	V
Integrität des Containments		V	V	N
ebenen- oder barrieren-übergreifende Bedeutung			N	N

Sicherheitsbewertung 2010 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 2.1 bis 2.7 ausführlicher behandelt. Die Mehrzahl der Sachverhalte ist sowohl für Sicherheits-ebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung.

Ebene 1, Auslegungs-Vorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Wegen eines Fehlers in einer technischen Zeichnung war ein Entlüftungsventil des Abwassersammelbehälters des Nasslagers in einer falschen Einbaulage montiert.

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

- Wegen des in einer falschen Einbaulage montierten Entlüftungsventils des Abwassersammelbehälters kam es bei Brennelementtransfers aus dem Kompaktlager im Reaktorgebäude in das externe Nasslager zu einem Übertritt von Wasser ins Lüftungssystem.
- Gegen Ende des Betriebszyklus kam es aufgrund eines lokalen Anstiegs der Neutronenflussdichte zu einem kurzzeitigen Ansprechen eines der vier Reaktorschutzkanäle.

- Eine Iodaktivitätsmessstelle im Fortluftkamin stand kurzzeitig nicht zur Verfügung.

- Wegen der Blockierung eines Reinigungsrechens war die Kühlwasserreinigung in der zweiten Wasserfassung kurzzeitig nicht verfügbar.

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

- Der unter Ebene 1 erwähnte Ausfall einer Iodaktivitätsmessstelle im Fortluftkamin ist auch von Bedeutung für die Ebene 2.

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

- Als nach der Rauchentwicklung in einem defekten Wassersauger Brandmelder ausgelöst wurden, funktionierte infolge eines Fehlers in der Programmierung der neuen Brandmeldeanlage der Gebäudeabschluss für den Ringraum und das Reaktorgebäude nicht.

- Nach dem Start eines Notstanddiesels bei einer Prüfung trat eine Störung in einer Überwachungsbaugruppe eines Gleichrichters auf, wodurch die der betroffenen Schiene zugeordneten Notstandsbatterien während rund 2 Stunden nicht geladen wurden.

- Eine lose Sicherung führte zu einer Störung an der Steuerung einer Gebäudeabschlussarmatur des Anlagenentwässerungssystems.
- Bei der Vorbereitung einer Reaktorschutzprüfung fiel die Ölversorgungspumpe einer Pumpe des Zusatzboriersystems aus.
- Die unter Ebene 1 erwähnte Unverfügbarkeit der Kühlwasserreinigung in der zweiten Wasserfassung ist auch von Bedeutung für die Ebene 3.
- Wegen der Fehlfunktion einer Messwerterfassungskarte eines Gleichrichters, über den die Notstandsbatterien in einem Strang geladen werden, wurden diese kurzzeitig nicht geladen. Die Störung war vor dem Austausch der betroffenen Messwertkarte zweimal hintereinander aufgetreten.
- Infolge des Ansprechens eines Überdrehzahlschutzes eines rotierenden Umformers, der eine gesicherte Stromschiene versorgt, wurde diese automatisch auf eine Notstromschiene umgeschaltet.

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		A	V
	Kühlung der Brennelemente	V	V	A
	Einschluss radioaktiver Stoffe	A	V	A
	Begrenzung der Strahlenexposition		N	A
	schutzzielübergreifende Bedeutung			A

#### Sicherheitsbewertung 2010 KKG:

##### Schutzziel-Perspektive

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

### 3.9.2 Gesamtbewertung

#### Auslegungs-Vorgaben

- Mit Ausnahme des Fehlers in einer technischen Zeichnung des Entwässerungssystems des Nasslagers liegen zu den Auslegungs-Vorgaben kei-

ne Daten aus der Inspektionstätigkeit, Zulassungsprüfungen, der Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse und Sicherheitsindikatoren vor.

- Zur Beurteilung der Auslegungs-Vorgaben des KKG hat das ENSI jedoch Erkenntnisse aus der letzten Periodischen Sicherheitsüberprüfung PSÜ herangezogen und dabei die Auslegung der Anlage bezüglich Redundanzgrad, Diversität, räumlicher Separation und Robustheit gegen auslösende Ereignisse bewertet. Da die Auslegungs-Vorgaben des KKG auch die für Neuanlagen geltenden Anforderungen weitgehend erfüllen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als hoch.

#### Betriebs-Vorgaben

- Da aus der Inspektionstätigkeit, Zulassungsprüfungen, der Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse und Sicherheitsindikatoren keine Bewertungen der Kategorien A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich Betriebs-Vorgaben als hoch.

#### Zustand und Verhalten der Anlage

- Das ENSI beurteilt die falsche Einbaulage eines Ventils im Nasslager, das Ansprechen eines Reaktorschutzkanals, die Unverfügbarkeit einer Iodaktivitätsmessstelle, den Ausfall der Kühlwasserreinigung der zweiten Wasserfassung, den Programmierungsfehler in der neuen Brandmeldeanlage, die Gleichrichterunverfügbarkeiten im Notstandssystem, die Störung im Anlagenentwässerungssystem, den Ausfall im Zusatzboriersystem und den Ausfall eines rotierenden Umformers 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

- Da aus der Inspektionstätigkeit, Zulassungsprüfungen, der Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse und Sicherheitsindikatoren keine Bewertungen der Kategorien A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als hoch.

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.



Blick auf das  
Kernkraftwerk  
Leibstadt.  
Foto: ENSI

## 4. Kernkraftwerk Leibstadt

### 4.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2010 war im Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb geprägt. Es waren sechs meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Fünf davon wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt, eines der Stufe 2. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKL im Jahr 2010 hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben 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 ausreichend.

Das KKL ist eine Siedewasserreaktor-Anlage. Es nahm seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1984 auf. Die elektrische Nettoleistung beträgt 1165 MW. Weitere Daten sind in den Tabellen 1 und 2 des Anhangs zu finden. Die Figur 7b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage.

Die ursprünglich für den Revisionsstillstand 2009 vorgesehenen Ultraschallprüfungen an den Stüt-

zenanschlussnähten des Reaktordruckbehälters konnten 2010 in der geforderten Qualität abgeschlossen werden. Die Prüffirma hatte die bei der Prüfung 2009 aufgetretenen Probleme analysiert, Verbesserungsmaßnahmen definiert und diese umgesetzt.

Im abgelaufenen Betriebszyklus traten – wie bereits in den vorangegangenen fünf Zyklen – keine Schäden an Brennelementen auf.

Im Revisionsstillstand wurden mehrere Anlageänderungen zur weiteren Verbesserung der Anlage umgesetzt. Ein wesentlicher Teil der Ertüchtigungsmassnahmen betraf die sekundärseitige Effizienzsteigerung. Ausgetauscht wurden zwei Niederdruckvorwärmer, die drei Niederdruckturbinen, der Blocktransformator sowie diverse Verbindungen in der Generatableitung. Der neue Generator konnte wegen im Herstellerwerk festgestellter Mängel nicht wie ursprünglich geplant in dieser Revision eingebaut werden. Mit dem Einbau der neuen Niederdruckturbinen wurde der Wirkungsgrad der Turbine verbessert und damit die elektrische Bruttoleistung auf 1245 MW ge-

steigert. Die elektrische Brutto- und Nettonennleistung werden auf den 1. Januar 2011 angepasst. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurde mit Ausnahme eines Vorkommnisses stets eingehalten: Am 31. August 2010 nahm ein Taucher während des Revisionsstillstands im Brennelement-Transferbecken Instandhaltungsarbeiten vor. Nach Beendigung der geplanten Arbeiten barg der Taucher unter Wasser einen radioaktiven Gegenstand und legte diesen in einen Korb. Beim Hochziehen des Korbs – aber noch unter der Wasseroberfläche – löste die Raumstrahlungsüberwachung einen Alarm aus. Daraufhin wurde der Korb wieder tiefer ins Wasser abgesenkt. Die Auswertung der vom Taucher getragenen Dosimeter zeigte, dass die gemäss Strahlenschutzverordnung geltenden Jahresgrenzwerte für die Ganzkörperdosis sowie für die Hände überschritten wurden. Das ENSI stuft das Vorkommnis auf der siebenstufigen internationalen Ereignisskala INES auf Stufe 2 ein.

Deckel des Reaktordruckbehälters mit den Bolzen.

Foto: Palma Fiacco/KKL



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 89 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Drei Reaktoroperateure bestanden ihre Zulassungsprüfung.

## 4.2 Betriebsgeschehen

Das KKL verzeichnete in seinem 26. Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 86,2 % und eine Zeitverfügbarkeit von 87,2 %. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der letzten 10 Jahre sind im Anhang in Figur 1 dargestellt.

Im Rahmen einer Systemdienstleistung wurde die elektrische Leistung der Anlage am 30. Oktober und am 14. November 2010 vorübergehend um bis zu 100 MW reduziert. Die Anlage wurde jeweils am gleichen Tag wieder auf Volllast hochgefahren.

Am 23. Januar 2010 wurde eine Steuerstabmusteranpassung durchgeführt. Im Anschluss daran wurde ein starkes Ansteigen der Leitfähigkeit im Reaktorwasser festgestellt, was auf defekte Steuerstäbe schliessen liess. Nach einer ersten Analyse ging das KKL davon aus, dass es sich um einen Steuerstab handeln musste, der in der Revision 2010 ausgetauscht werden sollte. Die Situation wurde überwacht und der defekte Steuerstab wurde im Revisionsstillstand ausgetauscht (siehe unten).

Am 31. Juli 2010 wurde die Anlage planmässig zum Revisionsstillstand abgefahren. Seit der letzten Revision war die Anlage ohne Unterbruch oder störungsbedingte Absenkung der Leistung am Netz gewesen.

Im Revisionsstillstand wurden mehrere Anlageänderungen zur weiteren Verbesserung der Anlage umgesetzt. Mit dem Einbau der neuen Niederdruckturbinen wurde der Wirkungsgrad der Turbine verbessert und damit die elektrische Leistung gesteigert. Damit liegt die maximale Generatorleistung bei tiefen Aussentemperaturen über dem bisherigen Maximalwert von 1240 MW, also aus-

serhalb des bisherigen Erfahrungsbereiches. Um die verfügbare Mehrleistung optimal ausnutzen zu können, wurde das Betriebskennfeld des Generators im Leistungsbereich mit dem Generatorlieferanten überprüft. Dabei wurden die Wirkleistung in Schritten von 5 MW erhöht, in jedem Lastpunkt die zulässige Blindleistung ermittelt und nach einem Dauerbetrieb von rund einer Woche der nächste Schritt eingeleitet. Nach Auswertung der Versuchsphase, Ende November 2010, wurde die maximal zulässige Generatorleistung in Absprache mit dem Generatorlieferanten auf 1255 MW festgelegt. Bei Erreichen dieser Generatorleistung wird die thermische Reaktorleistung entsprechend angepasst. Diese Fahrweise soll bis zum Austausch des Generators im Revisionsstillstand 2012 bestehen bleiben. Der für 2010 geplante Austausch des Generators gegen einen mit höherer Leistung konnte wegen bei den Testläufen festgestellten Mängeln nicht vorgenommen werden.

Nachdem alle Arbeiten und die erforderlichen Funktionstests nach dem Revisionsstillstand erfolgreich abgeschlossen waren, begannen am 14. September 2010 die Tests zum Nachweis der Abschaltsicherheit des Reaktors. Zur Messung der Einschliesszeiten der Steuerstäbe wurde der Reaktor zweimal auf eine geringe Leistung gebracht und jeweils durch eine manuell ausgelöste Reaktorschnellabschaltung wieder abgestellt. Am 16. September 2010 wurde die Anlage in den Leistungsbetrieb gefahren und wieder mit dem Netz synchronisiert.

Beim Hochfahren der Anlage nach dem Revisionsstillstand kam es zu einer automatischen, schnellen Leistungsreduktion des Reaktors, verursacht durch den Ausfall einer Hauptkondensatpumpe (siehe unten). Vollast wurde am 22. September 2010 erreicht.

Während der Sommermonate musste die Reaktorleistung infolge der hohen Umgebungstemperaturen an einigen Tagen um bis zu 16 % reduziert werden.

Im Berichtsjahr waren sechs meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Fünf davon wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt, eines der Stufe 2. Für die Bewertung aus den Perspektiven gestaffelte Sicherheitsvorsorge und Schutzziele wird auch auf Kap. 4.8 verwiesen, für die risikotechnische Beurteilung auf Kap. 11.1.2.

■ Am 6. Januar 2010 fand der alle zwei Monate durchzuführende Einzelscramtest der Steuerstäbe statt. Bei der anschliessenden Funktionskont-

rolle kam es bei einem Steuerstab infolge einer Undichtheit eines Ventils zu Störungen im Fahrverhalten. Betroffen war nur das betriebliche schrittweise Fahren des Steuerstabs. Das Einschliessen bei einer Reaktorschnellabschaltung war nicht beeinträchtigt. Die Betriebsgrenzen des Reaktorkerns wurden eingehalten. Das Ventil wurde ausgetauscht. Das ausgebaute Ventil wurde zur Ursachenanalyse an die Herstellerfirma gesendet. Ursache der Undichtheit waren Korundpartikel im Ventilsitz. Die Partikel sind wahrscheinlich bei Schleifarbeiten während eines früheren Revisionsstillstands ins System gelangt. Das KKL hat Massnahmen ergriffen, um die Sauberkeit zu verbessern.

■ Am 23. Januar 2010 wurde während einer Steuerstabmusteranpassung ein Leitfähigkeitsanstieg im Reaktorwasser festgestellt. Als Ursache wurde ein Defekt an einem oder mehreren der vier im Kern eingesetzten Steuerstäbe des Typs Marathon angenommen. Die Funktionstüchtigkeit dieser Stäbe wurde aufgrund analytischer Beurteilungen bestätigt. Eine Abschätzung der Abschaltsicherheit zeigte, dass diese gewährleistet ist. Die Steuerstäbe wurden in der Revision 2010, wie im Langzeitprogramm vorgesehen, ausgetauscht und durch den Hersteller inspiziert. An den Steuerstabblättern wurden Risse festgestellt, deren genaues Ausmass vom KKL im Dezember 2010 dem ENSI mitgeteilt wurde. Aufgrund der Schäden veranlasste der Hersteller den zulässigen Einsatzbereich der Steuerstäbe einzuschränken. Der Hersteller geht davon aus, dass die fehlerhafte Auslösung des automatischen Druckabbau-Systems (ADS) im Jahr 2007 zum Entstehen der Risse beigetragen hat. Weitere Untersuchungen sind deshalb im Gange. Zurzeit sind keine Steuerstäbe dieses Typs im Kern eingesetzt.

■ Das Reaktorumwälzsystem fördert das Kühlmittel durch den Reaktorkern und dient auch der Leistungsregelung. Es besteht aus zwei Kreisläufen. Am 22. April 2010 öffnete ein Umwälzventil während des Normalbetriebes spontan innerhalb von 10 Minuten von 66 % auf 100 % und konnte von Hand nicht mehr in seine Normalposition gebracht werden. Es stellte sich kurzzeitig eine Durchflussabweichung zwischen den beiden Umwälzkreisläufen von mehr als 5 % ein, die durch die betriebliche Regelung ausgeglichen wurde, indem der Kerndurchfluss und damit die Reaktorleistung durch das Zurückregeln des anderen Umwälzregelventils konstant

gehalten wurde. Die Ursache lag in einem defekten Steuergerät. Nach Austausch dieses Gerätes konnte der Durchsatz der beiden Umwälzkreisläufe innerhalb der zulässigen Zeitspanne von 2 Stunden wieder angeglichen werden. Es wurden keine thermischen Betriebsgrenzen des Reaktorkerns verletzt. Aufgrund der Analyse des Vorkommnisses verbesserte das KKL die Ausrüstung zur Überwachung von Durchflussasymmetrien im Kommandoraum. Im Rahmen eines laufenden Projektes zur Modernisierung des Reaktorumwälzsystems ist geplant, den Durchfluss mit drehzahlgeregelten Umwälzpumpen zu regeln, womit die Umwälzregelventile entfallen werden.

- Am 16. August 2010 fand der zweijährliche Funktionstest des Vergiftungssystems in einer der beiden Redundanzen statt. Dabei öffnete das Explosionsventil nicht. Die Untersuchungen zeigten, dass im elektrischen Zündkreis des Explosionsventils elektrische Sicherungen mit zu kleinem Nennstrom eingesetzt waren. Dies bewirkte beim Test eine Auslösung der Feinsicherungen und verhinderte die Zündung der Sprengladung innerhalb des Ventils. Die Feinsicherungen wurden durch solche mit korrektem Nennstrom ersetzt. Im Anschluss konnten der Zündkreis ordnungsgemäss angeregt und die Funktionstüchtigkeit des Ventils nachgewiesen werden. Infolge der falschen Sicherungen war die betroffene Redundanz des Vergiftungssystems während zweier Jahre nicht verfügbar gewesen. Die Feinsicherungen im redundanten Explosionsventil der zweiten Redundanz wurden ebenfalls überprüft. Dabei ergaben sich keine weiteren Befunde. Das Vergiftungssystem der zweiten Redundanz stand somit während der ganzen Zeit uneingeschränkt zur Verfügung. Zusätzlich zu den von KKL vorgeschlagenen Massnahmen hat das ENSI verlangt, die Auswirkungen eines nichtverfügbaren Explosionsventils im Falle eines Versagens der Reaktorschnellabschaltung mittels Steuerstäben zu untersuchen. In einem solchen Fall muss der Reaktor durch das Vergiftungssystem mittels Boreinspeisung abgeschaltet werden.
- Während des Revisionsstillstands nahm am 31. August 2010 ein Taucher im Brennelement-Transferbecken Instandhaltungsarbeiten vor. Nach Beendigung dieser Arbeiten sammelte er unter Wasser auf Anweisung loses Material ein. Darunter war auch ein rund 30 cm langer rohrähnlicher Gegenstand. Der Taucher legte

diesen in seinen Werkzeugkorb. Während des Hochziehens des Korbs mass ein Strahlenschutzmitarbeiter die Dosisleistung an der Wasseroberfläche. Als der Korb sich der Wasseroberfläche näherte, löste die Raumstrahlungsüberwachung einen Alarm aus und die Messung des Strahlenschutzes zeigte eine erhöhte Dosisleistung. Der Korb wurde darauf wieder auf den Beckengrund abgesenkt. Das vom Taucher am Brustkorb getragene elektronische Dosimeter gab eine Dosis oberhalb des zulässigen Jahresgrenzwerts von 20 mSv an. Die Auswertung der an den Händen getragenen Dosimeter zeigte, dass der gemäss Strahlenschutzverordnung für Hände geltende Dosisgrenzwert von 500 mSv an der rechten Hand deutlich überschritten wurde. Der geborgene rohrähnliche Gegenstand war stark radioaktiv. Es handelte sich dabei um ein Endstück eines ausgebauten Mantelrohrs der Reaktorkerninstrumentierung (LPRM-Drytube). Diese rund 14 Meter langen Mantelrohre werden periodisch ausgetauscht und anschliessend im Reaktorbecken in Stücke geschnitten und über eine Transportschleuse in das Brennelement-Transferbecken bewegt. Im Jahr 2006 hatten sich bei dieser Bewegung Rohrstücke in der Transportschleuse verklemt. Nach heutigem Erkenntnisstand ist davon auszugehen, dass dabei das nun geborgene Rohrstück unbemerkt abgebrochen und in das Transferbecken gefallen war. Vor Beginn der Taucharbeiten war der Arbeitsbereich radiologisch ausgemessen worden. Das Rohrstück lag aber an einer von oben nicht einsehbaren Stelle ausserhalb des vorgesehenen Arbeitsbereichs, die deshalb von den vor Arbeitsbeginn durchgeführten Messungen nicht erfasst worden war. Der Taucher stand während der Arbeiten in Sprechverbindung mit einer Überwachungsperson am Beckenrand. Er hatte unter Wasser keine Möglichkeit, den Alarm seines elektronischen Dosimeters wahrzunehmen. Der Korb mit dem unbekanntem Gegenstand wurde wieder in das Brennelement-Transferbecken abgesenkt. Der Gegenstand wurde identifiziert und radiologisch ausgemessen. Die betroffene Person wurde ärztlich betreut. Um eine Wiederholung eines analogen Vorkommnisses zu vermeiden, erstellt das KKL eine neue Vorschrift für den Einsatz von Tauchern in der kontrollierten Zone. Es plant die Einführung neuer Schutzausrüstungen, um sicherzustellen, dass Personen auch bei Lärm, bei Unterwasserarbeiten und in einem Schutzanzug vor radiolo-

gischen Gefahren gewarnt werden können. Das ENSI hat den Vorkommisablauf und dessen Ursachen untersucht und gemäss Strahlenschutzverordnung einen externen Sachverständigen mit der Ermittlung der Handdosis sowie der Ganzkörperdosis des Tauchers beauftragt. Das ENSI hat geprüft, ob Hinweise auf eine Übertretung des Strahlenschutzgesetzes vorliegen. Gemäss den Erkenntnissen aus der Vorkommisbearbeitung ist dies nicht der Fall. Das ENSI verfolgt die Umsetzung der vom KKL ergriffenen Korrekturmassnahmen und verlangt Verbesserungen bei den vor und während Taucharbeiten vorzunehmenden Dosisleistungsmessungen.

Der Betrieb der Anlage wurde durch den Vorfall nicht beeinträchtigt. Das Ereignis führte aber zu einer unzulässigen Strahlenbelastung eines Mitarbeiters. Sowohl der Grenzwert für die Handdosis als auch jener für die effektive Ganzkörperdosis wurden überschritten. Gemäss den Abklärungen des vom ENSI beauftragten externen Sachverständigen wird die Strahlendosis für einige Hautstellen der Hand auf 7,5 Sv geschätzt. Da jedoch keine Hautrötung auftrat, wie dies bei einem solchen Wert zu erwarten wäre, lag die tatsächliche Hautdosis offenbar deutlich tiefer. Die vom Sachverständigen ermittelte Ganzkörperdosis von 28 mSv passt hingegen zu den Messwerten der vom Taucher getragenen Dosimeter.

■ Beim Anfahren nach dem Revisionsstillstand kam es am 17. September 2010 bei einer Reaktorleistung von 66 % zur Schutzabschaltung einer Hauptkondensatpumpe. Die Schutzabschaltung wurde durch eine Dichtungsleckage verursacht. Mit den Hauptkondensatpumpen wird das im Kondensator anfallende Wasser in den Speisewasserbehälter gefördert, damit es für die Bespeisung des Reaktors wieder zur Verfügung steht. Normalerweise sind zwei der drei Hauptkondensatpumpen in Betrieb. Die dritte steht als Reserve bereit. Jede Pumpe kann 50 % des im Leistungsbetrieb anfallenden Kondensats fördern. Da während des Anfahrens eine zweite Hauptkondensatpumpe wegen einer Dichtungsleckage hatte ausser Betrieb genommen werden müssen, führte die erwähnte Schutzabschaltung zu einem Zustand mit nur einer in Betrieb stehenden Hauptkondensatpumpe. Deshalb erfolgte eine automatische Reduktion der Reaktorleistung auf 40 % durch das teilweise Schliessen der Umwälzregelventile. Ursache der Dichtungsleckagen an zwei Hauptkondensatpumpen war eine konstruktive



Der neue Niederdruckvorwärmer in der neu erstellten Grosskomponenten-Lagerhalle.

Foto: Palma Fiacco/KKL

Schwachstelle, durch die sich an diesen Pumpen ein Bauteil der Gleitringdichtung löste. Die eine betroffene Pumpe war während des Revisionsstillstands durch Service-Fachleute des Herstellers total revidiert worden. An der zweiten Pumpe musste im Revisionsstillstand des Vorjahres eine Gleitringdichtung aufgrund einer Leckage ersetzt werden, obwohl das normale Instandhaltungsintervall noch nicht abgelaufen war.

Nach erfolgter Reparatur der beiden Pumpen wurde die Anlage am 20. September 2010 gemäss Anfahrprogramm hochgefahren. Das KKL leitete Abklärungen ein, wie sich die konstruktive Schwachstelle beseitigen lässt. Zudem wurden die Instandhaltungsvorgaben so angepasst, dass bei der Beseitigung grösserer Gleitringdichtungsleckagen stets eine umfassende Ursachenabklärung erfolgt. 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.

## 4.3 Anlagetechnik

### 4.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstands vom 31. Juli bis 16. September 2010 wurden geplante Instandhaltungsmassnahmen wie Inspektionen an mechanischen und elektrischen Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen sowie wiederkehrende Funktionsprüfungen und Begehungen an Komponenten und Systemen durchgeführt. Die Arbeiten konnten unter radiologisch günstigen Bedingungen vorgenommen werden, da während

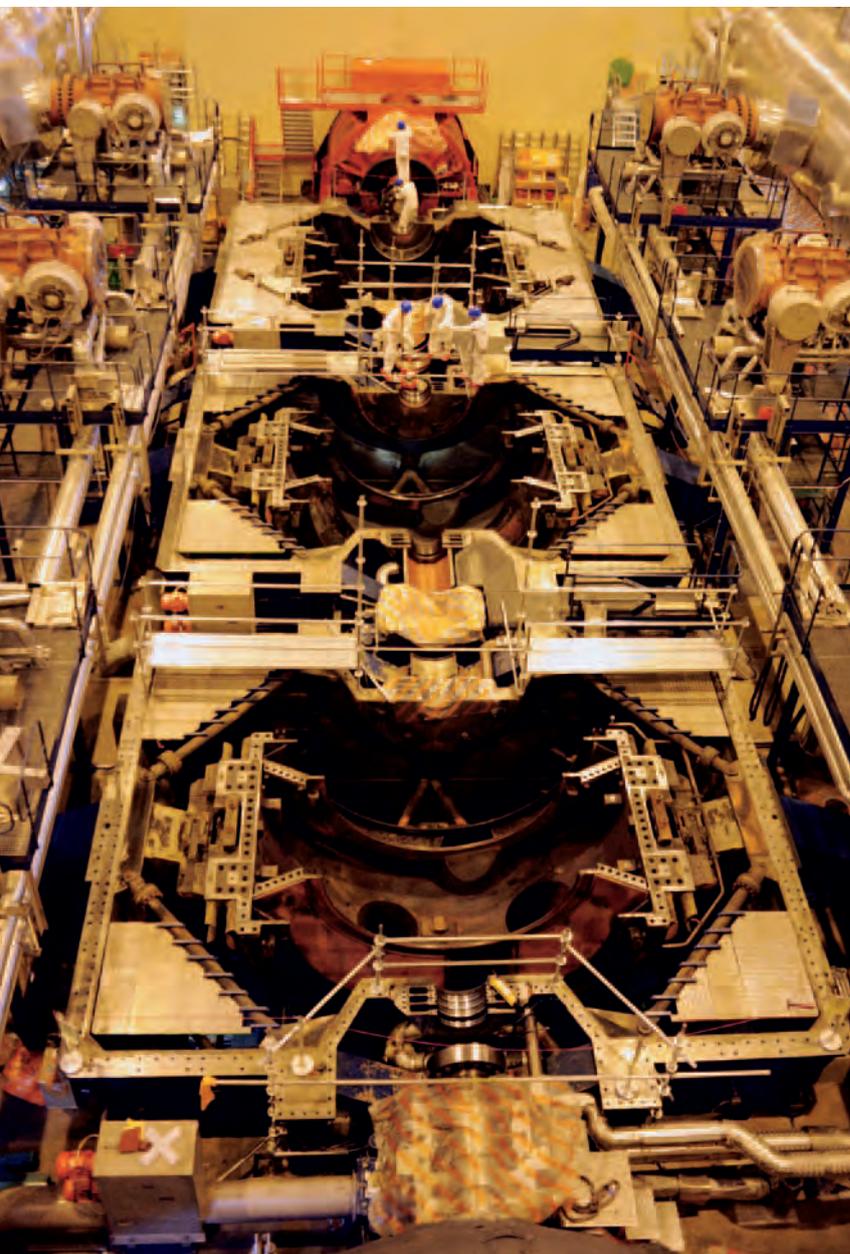
des vorhergehenden Betriebszyklus keine Brennelementschäden aufgetreten waren.

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

- An Rohrleitungen des Umwälzsystems wurden die in den vergangenen Jahren begonnenen Messungen mit einem qualifizierten Prüfverfahren an insgesamt zehn Rundnähten fortgesetzt. Die Prüfungen umfassten volumetrische Ultraschallprüfungen sowie Prüfungen auf Oberflächenrisse mittels der Farbeindringmethode. Dabei wurden an fünf Schweissnähten bewertungspflichtige Anzeigen gefunden. Diese waren bereits aus früheren Messungen bekannt und sind gemäss den geltenden Vorschriften zulässig.

Die leeren Gehäuse der drei ausgebauten Niederdruck-Turbinen mit Generator (rot) im Hintergrund.

Foto: Palma Fiacco/KKL



- Am Reaktordruckbehälter (RDB) konnten die ursprünglich für den Revisionsstillstand 2009 vorgesehenen Ultraschallprüfungen an den Misch- und Anschlussnähten der N3-Stützen in der geforderten Qualität abgeschlossen werden. Die Prüffirma hatte die bei der Prüfung 2009 aufgetretenen Probleme analysiert, Verbesserungsmaßnahmen definiert und diese umgesetzt. In praktischen Demonstrationen wurde die Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen vom KKL und der Qualifizierungsstelle Schweiz überprüft und akzeptiert. Im Revisionsstillstand 2010 wurden fünf austenitische Schweissnähte geprüft. Es traten keine bewertungspflichtigen Messanzeigen an den untersuchten Schweissnähten auf.

- Bei jeder Revisionsabstellung werden ausgewählte Einbauten des RDB einer visuellen Prüfung unterzogen. Unter Verwendung spezieller Unterwasser-Kamerasysteme werden Schweissnähte und Einbauten auf Defekte untersucht. In diesem Jahr wurden insbesondere die Bereiche der Innenoberfläche des RDB und Schweissnähte des Kernmantels inspiziert. Die RDB-Bodenkalotte wurde mit einem qualifizierten mechanischen Kamerasystem von aussen überprüft. Es wurden keine bewertungspflichtigen Befunde gefunden.

- Der RDB-Deckel ist mit 72 Bolzen am RDB befestigt. Die beanspruchten Bereiche der Bolzen wurden durch ein mechanisiertes Wirbelstromprüfsystem auf Fehler an den äusseren Oberflächen geprüft. An sechs Bolzen wurden bewertungspflichtige Anzeigen festgestellt. Zur Bewertung dieser Anzeigen wurden die betroffenen Bereiche zusätzlich einer Sicht- und Magnetpulverprüfung unterzogen. Bei fünf dieser Bolzen konnten die Anzeigen auf geringfügige mechanische Beschädigungen an Gewinde- sowie Schaftbereich zurückgeführt werden, die keine sicherheitstechnische Bedeutung haben. Bei einem der Bolzen ergab die Magnetpulverprüfung eine bewertungspflichtige Anzeige, die als unzulässig bewertet wurde. Der betroffene Bolzen wurde ersetzt.

- An 48 ausgewählten Stickstoffspeichern im Steuerstabantriebssystem wurden Wanddickenmessungen durchgeführt. Dabei wurden an insgesamt vier Speichern bewertungspflichtige Anzeigen festgestellt. Diese vier wurden ersetzt. An den ausser Betrieb genommenen Stickstoffspeichern wurden werkstofftechnische Untersuchungen durchgeführt. Das KKL reichte dem

ENSI eine sicherheitstechnische Bewertung ein, die zeigt, dass die bewertungspflichtigen Anzeigen im zulässigen Bereich lagen.

- Eine der beiden Umwälzpumpen wurde visuell inspiziert. Dabei wurde auch die im Revisionsstillstand 2004 aufgrund von Kavitationsschäden reparierte Stelle am Pumpenlager überprüft. An der Reparaturstelle wurde wiederum eine erosionsbedingte Riefe von geringer Tiefe festgestellt. Die zurzeit vorliegende Riefe wurde für den Weiterbetrieb bis zum geplanten Austausch der Umwälzpumpen als unbedenklich bewertet und hat keine sicherheitstechnische Bedeutung.
- Im nuklearen Dampfsystem wurden sämtliche 16 Sicherheits- und Abblaseventile auf ihre Funktion überprüft. Die Prüfungen ergaben keinen Befund. Vorbeugend wurden 8 der 16 Sicherheitsventile gegen revidierte ausgetauscht.
- Wie jedes Jahr wurde eine der vier Hauptkühlwasserpumpen einer Totalrevision unterzogen. Die Pumpe wurde komplett zerlegt. Laufrad und Pumpenwelle wurden ersetzt. Die ausgebaute Pumpenwelle und das ausgebaute Laufrad werden auf Schäden geprüft. Allfällige Mängel werden behoben und die Komponenten für den Einbau im kommenden Jahr in eine der anderen Pumpen vorbereitet.
- Um die radiologische Situation für das Instandhaltungspersonal zu verbessern, wurde das gesamte Reaktorwasserreinigungssystem mit einem aufwändigen chemischen Verfahren dekontaminiert. Anschliessend wurden die Isolationsarmaturen, die Sicherheitsventile sowie die Pumpen und Filter dieses Systems revidiert.

Im Revisionsstillstand 2010 wurden an den leittechnischen und starkstromtechnischen Anlagen Instandhaltungsarbeiten inklusive Funktionsprüfungen durchgeführt. Diese zeigten einen guten Zustand und die einwandfreie Funktionstüchtigkeit der verschiedenen Anlagen. Die wichtigsten Arbeiten sind im Folgenden zusammengefasst:

- In der 380-kV-Schaltanlage des KKL wurden die im letzten Jahr begonnenen Revisionsarbeiten an den Leitungstrennern und Leistungsschaltern weitergeführt und beendet.
- Die am Generator durchgeführte Revision umfasste visuelle Kontrollen und diverse Messungen. Die Kontrollen zeigten keine Auffälligkeiten. Die Stromwandler an den Generatorklemmen sowie vor dem Generatorschalter wurden durch an die erhöhte Generatorleistung angepasste ersetzt.

- Im Bereich der leittechnischen Anlagen wurden diverse Kontrollen und Kalibrierungen zur Aufrechterhaltung einer hohen Systemzuverlässigkeit durchgeführt. Zahlreiche Relais des Reaktorschutzsystems wurden vorsorglich ersetzt. Im Neutronenflussmesssystem zur Reaktorüberwachung mussten zwölf Leistungsbereichsdetektoren ersetzt werden. Die Auswertung der Detektordaten hatte einen Empfindlichkeitsverlust der Detektoren gezeigt.
- Weitere Instandhaltungsarbeiten erfolgten an den Mittelspannungs- und Niederspannungsschaltanlagen sowie Motoren und Stellantrieben. Die Statorwicklung eines Kondensatpumpenmotors wurde alterungsbedingt ausgetauscht. Ferner wurde der SEHR-Pumpenmotor, bei dem im Betrieb erhöhte Vibrationen aufgetreten waren, vollständig revidiert.
- Die Turbinenregelung, die Speisewasserregelung und die Regeleinrichtung des Reaktorkernisoliations-Kühlsystems wurden überprüft. Die Instrumentierung wie auch das Regelverhalten waren ordnungsgemäss.
- Im Reaktorschutzsystem wurden 31 hydraulische Steuereinheiten revidiert. Bei 18 dieser Steuereinheiten wurden die Scram-Vorsteuerventile vorbeugend ersetzt.
- Die Überwachung des Neutronenflusses im Leistungsbereich (LPRM) erfolgt mit 140 fest installierten Detektoren. Es wurden drei LPRM-Drytubes mit den dazugehörigen zwölf Neutronendetektoren ersetzt.

#### 4.3.2 Anlageänderungen

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

- Bei einer Ultraschallprüfung im Jahre 2004 wurde ein Riss in der Schaufelnut des Rotors einer Niederdruckturbine detektiert. Der Riss war durch Spannungsrisskorrosion verursacht worden. Da der Hersteller weitere Schäden an den Rotoren nicht ausschliessen konnte, mussten die Inspektionsintervalle verkürzt werden. Das KKL entschloss sich zu einem vorbeugenden Austausch der Niederdruckturbinen. So konnten der höhere Prüfungsaufwand vermieden, der Wirkungsgrad der Anlage verbessert und die elektrische Leistung gesteigert werden.
- Zwei Niederdruckvorwärmer, ihre Expansionsgefässe und die dazugehörigen Anzapfleitungen zeigten Erosionsschäden. Sie wurden in einem anspruchsvollen und aufwändigen Ver-

fahren durch Komponenten mit erosionsbeständigerem Material ersetzt.

- Die Wasserkammerverschlüsse der Hochdruckvorwärmer wurden mit einem neuen Dichtsystem nach dem Bredtschneider-Prinzip versehen. Hierfür wird anstelle des Stahldichtringes eine neue Weichdichtung verwendet. Bei der bisherigen Konstruktion kam es wegen Verschleisserscheinungen wiederholt zu Leckagen.

Im Revisionsstillstand wurden an den elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen diverse Änderungen vorgenommen. Folgende seien erwähnt:

- Der Blocktransformator wurde durch einen neuen mit grösserer Leistung ersetzt. Diese Massnahme erfolgte sowohl alterungsbedingt als auch wegen den oben erwähnten Arbeiten zur Wirkungsgradverbesserung des Kraftwerks.
- Die Generatorableitung wurde ertüchtigt, um für die nach dem Generatortausch im Jahr 2012 zu erwartenden höheren Stromstärken und Kurzschlussleistungen gewappnet zu sein.
- Der Blitzschutz wurde durch Verbesserung des Potenzialausgleichs insbesondere im Maschinenhaus weiter verbessert.
- Der Ersatz der kapazitiven Niveaumess-einrichtungen bei einer Notstromdieselanlage wurde in diesem Jahr abgeschlossen. Diese Niveaumess-einrichtungen dienen der Grenzwertbildung für die Niveau- und Leckagenüberwachungen.
- Vier Containmentabschlussarmaturen wurden an eine unterbruchsfreie Stromversorgung an-

geschlossen. Dadurch können diese Armaturen nun auch bei einem Ausfall der externen und der notstromgesicherten Versorgung automatisch geschlossen werden.

#### 4.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im Berichtszeitraum traten keine Brennelementschäden auf, so dass die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe gewährleistet war.

Für den Brennstoffzyklus 27 (2010/2011) wurden 120 frische Brennelemente eingesetzt, 112 vom Typ ATRIUM 10XM und acht Vorläuferbrennelemente (Lead Use Assemblies, LUA) vom Typ SVEA-96 Optima3. Der Reaktorkern enthält aktuell 360 ATRIUM 10XM-, 278 SVEA-96 Optima2-, zwei ATRIUM 10XP- und acht SVEA-96 Optima3-Brennelemente. Das ENSI hat sich davon überzeugt, dass das KKL neue Brennelemente einsetzt, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen. Weiterhin wurden zwölf frische Steuerstäbe des Typs CR82M-1 eingesetzt. Entladen werden acht CR99- und vier Steuerstäbe des Typs Marathon. Zudem wurden sechs CR99-Steuerstäbe umgesetzt, um den Steuerstababbrand zu optimieren.

Die Schwerpunkte der diesjährigen Inspektion waren die Messungen von Kastenverbiegungen, der Zustand der Steuerstäbe und der Einfluss der 2008 begonnenen Wasserstoff- und Platineinspeisung



Arbeiten am Blocktransformator: setzen einer Lärmschutzwand (Kranarbeiten).

Foto: Palma Fiacco/KKL

(On-Line Noble Chem, OLNC) auf die Brennelemente. Die gemessenen Kastenverbiegungen der ATRIUM 10XM-Brennelemente liegen im bisherigen Erfahrungsbereich des KKL, wobei die Verbiegungen der vier LUA sich am oberen Rand des Erfahrungsbereichs befinden. Bisherige Inspektionen an Steuerstäben des Typs Marathon haben gezeigt, dass Risse an den Steuerstabblättern vor Erreichen der mechanischen Lebensdauer aufgetreten sind (siehe Kap. 4.2). Die Abschaltsicherheit war jederzeit gewährleistet. Als Massnahme will das KKL revidierte maximale Neutronenfluenzen für den Einsatz von Steuerstäben festlegen. Die umgesetzten CR99-Steuerstäbe wiesen keine Risse auf. Sie weisen zwar Handhabungs- und Betriebsspuren auf, sind aber weiterhin auslegungsgemäss einsetzbar. Das Vorgehen entsprach den langfristigen Inspektionsprogrammen für Vorläuferbrennelemente (LUA = Lead Use Assemblies) und der Einspeisung von Edelmetallen in den Kühlkreislauf (OLNC = On-Line NobleChem). Die Inspektion lieferte keine Hinweise, dass die Schutzziele «Kühlung der Brennelemente», «Kontrolle der Reaktivität» und «Einschluss radioaktiver Stoffe» verletzt sind.

Auf die erhöhte Kastenverbiegung der vier ATRIUM 10XM-LUA reagierte der Betreiber mit einem Ersatz des Brennelementkastens bei einem LUA und mit Drehung des Kastens bei den drei anderen. Der Ersatz erfolgte, da das betroffene Brennelement im 27. Zyklus neben leistungsstarken Brennelementen eingesetzt wird und damit einen Einfluss auf den Sicherheitsabstand zur Siedeübergangsleistung der Nachbarbrennelemente haben kann. Die anderen drei betroffenen Brennelemente stehen auf leistungsschwachen Randpositionen, weshalb kein Ersatz des Brennelementkastens erforderlich war.

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. Es kam zu keiner Überschreitung von thermischen Betriebsgrenzwerten.

#### 4.3.4 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Das ENSI hatte im Jahr 2009 gestützt auf die vom KKL eingereichte Periodische Sicherheitsüberprüfung eine Reihe von Forderungen erhoben. Die Bearbeitung dieser Forderungen durch das KKL verläuft plangemäss. Ein substanzieller Teil der Forderungen wurde bereits erfüllt.

## 4.4 Strahlenschutz

Die während des Kalenderjahrs 2010 im KKL akkumulierte Kollektivdosis betrug 1404 Pers.-mSv. Die höchste registrierte Jahresindividuale Dosis für das Eigenpersonal betrug 6,6 mSv. Die höchste Individuale Dosis für das Fremdpersonal lag über dem Dosisgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Sie betrug 28 mSv und wurde in Zusammenhang mit einem Vorkommnis (siehe auch Kap. 4.2) akkumuliert. Die zweithöchste Individuale Dosis für das Fremdpersonal betrug 9,2 mSv. Im Berichtsjahr wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die sich nicht mit einfachen Mitteln entfernen liessen. Inkorporationen von radioaktiven Stoffen oberhalb der Triageschwelle gab es keine.

Die radiologischen Arbeitsbedingungen in der kontrollierten Zone während des Revisionsstillstands waren gut, da in den vorangegangenen Zyklen keine Brennstoffschäden aufgetreten sind. Bereits wenige Tage nach dem Abfahren der Anlage war kein I-131 im Primärwasser mehr nachweisbar. Obwohl die Konzentration von Korrosionsprodukten im Primärwasser wie in den Vorjahren auf tiefem Niveau lag, wurden im Nachkühlsystem erhöhte Dosisleistungen festgestellt. Hingegen sank die mittlere Dosisleistung an den Umwälzschleifen gegenüber dem Vorjahr um rund 17 %. Diese Reduktion ist auf die Einspeisung von Edelmetallen ins Primärwasser (OLNC) zurückzuführen. Dosisleistungen und Kontaminationen in der Sekundäranlage waren ebenfalls tief.

Die Jahresrevision wurde ursprünglich mit einer Kollektivdosis von 1200 Pers.-mSv geplant. Kurz vor Revisionsbeginn wurden neben den rund 7000 vom Strahlenschutz bereits erfassten Arbeiten etwa 700 zusätzliche Arbeiten gemeldet. Die ursprüngliche Kollektivdosis wurde deshalb nach genauer Prüfung durch den KKL-Strahlenschutz auf 1300 Pers.-mSv erhöht. Das KKL hat zwei Arbeiten mit geplanten Kollektivdosen über 50 Pers.-mSv gemeldet und die entsprechenden Strahlenschutzplanungen dem ENSI vorgelegt. Es handelt sich dabei um die Ultraschallprüfung an Schweissnähten der Umwälzschleifen und die mechanisierte Ultraschallprüfung von Schweissnähten der N3-Stützen des Reaktordruckbehälters. Für die erste Arbeit wurden 91,6 Pers.-mSv (EPD-Wert) der geplanten 102 Pers.-mSv akkumuliert. Für die Arbeit an den N3-Stützen wurde eine Kollektivdosis von 56,6 Pers.-mSv (EPD-Wert) akkumuliert; geplant waren 50 Pers.-mSv. Nach Abschluss der ausserge-

Das untere Tassenrandprofil des Kühlturms wurde aerodynamisch verbessert.  
Foto: Palma Fiacco/KKL



wöhnlich arbeits- und personalintensiven Jahresrevision wurde eine Kollektivdosis von 1404 Pers.-mSv festgestellt.

In einem Teil des Reaktorwasserreinigungssystems wurde eine chemische Systemdekontamination durchgeführt, um die radiologische Situation vor der Durchführung umfangreicher Arbeiten zu optimieren.

Die erstmals im KKL durchgeführte Reinigung der Durchführungen von Steuerstabführungsrohren wurde nach der Hälfte des geplanten Reinigungsumfangs auf Verlangen des betriebseigenen Strahlenschutzes abgebrochen. Die Hochdruckreinigung der Komponenten führte zu erheblichen Oberflächenkontaminationen im Steuerstabsantriebsraum. Auch das Reinigungswerkzeug wurde unerwartet stark kontaminiert, was zu Strahlenexpositionen des Personals über dessen Dosiskontingent hinaus führte. Das KKL hat von der beauftragten Fremdfirma verlangt, dass sie das Werkzeug vor einem weiteren Einsatz im KKL optimiert. Nach gründlicher Dekontamination und neuer Beschichtung des Fussbodens im Steuerstabsantriebsraum konnte ein akzeptabler Zonenzustand erreicht werden.

Beim Einsatz eines Tauchers im Transferbecken des Brennelementlagers wurde dieser unzulässig bestrahlt (siehe Vorkommnisbeschreibung unter 4.2). Aus einem T-Stück im Reaktorwasserreinigungssystem wurde ein Partikel geborgen, das zu einer Dosisleistung von 1,36 Sv/h an der Oberfläche des

T-Stücks geführt hatte. Die Ortsdosisleistung im Nahbereich des T-Stücks war nach dem Entfernen der Verunreinigung wieder auf dem Niveau der umgebenden Komponenten.

Im Maschinenhaus wurden die drei Niederdruckturbinen und zwei Niederdruck-Vorwärmer ausgewechselt. Die ausgebauten Teile, die aus Strahlenschutzgründen dicht verpackt sind, werden in einem anderen Gebäude auf dem KKL-Areal zum Abklingen aufbewahrt.

Während dieser aussergewöhnlich personal- und arbeitsintensiven Jahresrevision wurde das Eigenpersonal des Strahlenschutzes durch externe Strahlenschutzmitarbeiter verstärkt. Der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz war dadurch angemessen und ermöglichte es, die administrativen und technischen Schutz- und Überwachungsaufgaben bis auf das Vorkommnis im Transferbecken korrekt auszuüben.

Das ENSI beobachtete bei mehreren angemeldeten und unangemeldeten Inspektionen im KKL eine konsequente und gesetzeskonforme Strahlenschutzpraxis. Allerdings hat das ENSI festgestellt, dass der KKL-Strahlenschutz über geplante Tätigkeiten sowie die damit verbundenen Arbeitsbedingungen und Aufenthaltszeiten vor Ort im Strahlenfeld nicht immer ausreichend informiert wird. Eine Servicearbeit an den kontaminierten Druckbehälterdurchführungen der Steuerstabführungsrohre musste deshalb abgebrochen werden. Dieser Umstand wird nun durch Schulung des die Projekte begleitenden Personals verbessert.

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 21 % des Jahresgrenzwerts. 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 0,0022 mSv für Erwachsene, 0,0029 mSv für Zehnjährige und 0,0048 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 Werks ergaben 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 1,3 mSv keine 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 2010 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 53 m<sup>3</sup> etwas höher als im Vorjahr. Der Anfall bewegt sich in der Schwankungsbreite des mehrjährigen Mittelwerts 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 13 m<sup>3</sup> gering. Brenn- und schmelzbare 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 Richtli-

nie ENSI-B05 erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden verbrauchte Harze und Konzentrate in zwei Kampagnen zementiert. Im August 2010 hat das ENSI die Durchführung der PEAK-Kampagne 2010/2011 freigegeben. Im Rahmen dieser Kampagne werden ca. 16 t aktivierte Komponenten aus dem Reaktordruckbehälter unter Wasser zerlegt und konditioniert.

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 24 t meldepflichtiges Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 als inaktiv freigemessen. Dabei handelte sich zu 86 % um Öl.

#### 4.6 Notfallbereitschaft KKL

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 Juni 2010 an der Werksnotfallübung PASCAL die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Es wurde ein Kurzschluss im Reaktorpult mit einem sich im Kommandoraum ausbreitenden Brand unterstellt. Der Reaktor wurde automatisch abgeschaltet. Ein weiterer Brand im Drywell führte zu einem Versagen der Vorsteuerventile der Abblaseventile. Zur Beherrschung des Störfalls war der Wiederzutritt zum Kommandoraum nötig.

Aufgrund ihrer Übungsbeobachtungen identifizierten das ENSI und das KKL einzelne Verbesserungsmöglichkeiten, z. B. bei den Alarmierungs- und Kommunikationsmitteln sowie der Durchführung der Evakuierung aus dem Betriebsgebäude. 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 im Dezember 2010 hat gezeigt, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit sind.

Im November 2010 löste das ENSI 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 KKL ist ein Generationenwechsel im Gang. In den nächsten fünf Jahren werden ca. 70 Mitarbeitende pensioniert. Pro Jahr werden im Durchschnitt 30 bis 35 neue Mitarbeitende eingestellt. Damit sollen auch frühzeitig Personalressourcen für kommende Grossprojekte bereitgestellt werden. Ende 2010 arbeiteten im KKL 517 Personen (2009: 497).

Im KKL werden verschiedene Techniken zur Fehlervermeidung eingesetzt, die in den Abteilungen zum Teil unterschiedlich angewandt werden. Um ein gemeinsames Verständnis für die Vorgehensweise zu schaffen, wurde mit der Erarbeitung eines abteilungsübergreifenden KKL-Standards begonnen. Das KKL hat analog zum KKB Kurse zum Thema «Menschliche Faktoren und lernende Organisation» durchgeführt.

Die Schweizerische Vereinigung für Qualitäts- und Managementsysteme (SQS) hat im Mai 2010 das Managementsystem des KKL auditert und ohne Auflagen bezüglich der Normen ISO 9001:2008 (Qualitätsmanagement), ISO 14001:2004 (Umweltmanagement) und OHSAS 18001:2007 (Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz) rezertifiziert.

### 4.7.2 Personal und Ausbildung

Drei Reaktoroperateure des KKL legten ihre Zulassungsprüfung unter Aufsicht des ENSI 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 bei Betriebs- und Störfällen und zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator und besteht in einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse bei wichtigen zukünftigen Tätigkeiten. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI inspizierte das Jahresprogramm der Wiederholungsschulung für das zulassungspflichtige Personal des KKL. Dabei wurde besonderes Gewicht auf die Wiederholungsschulungen am Anlagesimulator gelegt, da sie einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Kompetenz des Schichtteams zur Beherrschung von sicherheitsrelevanten Störfällen und Betriebssituationen liefert. Gegenstand der Inspektion war auch das Verfahren der fachtechnischen, didaktischen und methodischen Qualifizierung der hauptamtlichen Ausbilder.

Zudem wurde das Verfahren für die Requalifikation überprüft und das Requalifikationstraining am Beispiel von zwei Simulatorszenarien inspiziert. Die Requalifikation dient dem Nachweis, dass der Zulassungsinhaber weiterhin die Anforderungen zur Ausübung seiner Funktion erfüllt und mit den aktuellen Vorschriften und Anlageeinrichtungen vertraut ist. Das ENSI konnte sich davon überzeugen, dass die Requalifikation gemäss den massgeblichen Vorgaben durchgeführt wurde.

## 4.8 Sicherheitsbewertung

### 4.8.1 Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2010 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System über 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 Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

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

Sicherheitsbewertung 2010 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 4.1 bis 4.7 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

- Eine Undichtheit eines Ventils führte zu Störungen im Fahrverhalten eines Steuerstabes.
- Ein durch einen Fehler eines Steuergerätes verursachtes vollständiges Öffnen eines Umwälzregelventils führte zu einer Durchflussabweichung zwischen den beiden Umwälzkreisläufen.
- Die erwähnte Durchflussabweichung im Kernumwälzsystem führte zu einer ungleichmässigen Leistungsverteilung im Reaktorkern innerhalb der geltenden thermischen Betriebsgrenzen.
- Der Ausfall einer Hauptkondensatpumpe führte aufgrund der gleichzeitigen Unverfügbarkeit einer zweiten Hauptkondensatpumpe zu einer schnellen Leistungsreduktion.
- An Steuerstäben des Typs Marathon traten Risse auf.

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

- Im Jahr 2006 ging beim Transport zerschnittener, ausgebauter Mantelrohre der Reaktorkerninstrumentierung in das Brennelement-Transferbecken ein Endstück unbemerkt verloren, was zu einer unzulässigen Strahlenbelastung eines Tauchers führte. (Die mit INES 2 bewertete radiologische Folge ist in der Darstellung der Sicherheitsbewertung aus der Schutzziel-Perspektive unter dem Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition» ersichtlich.)
- Fehlende Vorkehrungen gegen das Eindringen von Fremdteilen in das Steuerstabantriebssystem bei Instandhaltungsarbeiten führten zu Störungen im Fahrverhalten eines Steuerstabes.

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

- Der unter Ebene 1 erwähnte Fehler eines Steuergerätes eines Umwälzregelventils hat auch eine Bedeutung für die Ebene 2.
- Die unter Ebene 1 erwähnten Risse an Steuerstäben des Typs Marathon sind auch von Bedeutung für die Ebene 2.

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

- Die unter Ebene 1 erwähnten Risse an Steuerstäben des Typs Marathon sind auch von Bedeutung für die Ebene 3.

Ebene 4, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Wegen des Einsatzes eines falschen Sicherungstyps war eine Redundanz des Vergiftungssystems während zweier Jahre unverfügbar.

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Zusätzlich abzubilden sind die radiologischen Auswirkungen des Vorkommnisses vom 31. August 2010. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität		V	A	A
	Kühlung der Brennelemente	V	V	A	N
	Einschluss radioaktiver Stoffe		N	N	V
	Begrenzung der Strahlenexposition	V	V	N	2
	schutzzielübergreifende Bedeutung	N	N	V	V

Sicherheitsbewertung 2010 KKL: Schutzziel-Perspektive

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

## 4.8.2 Gesamtbewertung

### Auslegungs-Vorgaben

- Zu den Auslegungs-Vorgaben liegen keine Daten aus der Inspektionstätigkeit, Zulassungsprüfungen, der Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse und Sicherheitsindikatoren vor.
- Zur Beurteilung der Auslegungs-Vorgaben des KKL hat das ENSI jedoch Erkenntnisse aus der letzten Periodischen Sicherheitsüberprüfung PSÜ herangezogen und dabei die Auslegung der Anlage bezüglich Redundanzgrad, Diversität, räumlicher Separation und Robustheit gegen auslösende Ereignisse bewertet. Da die Auslegungs-Vorgaben des KKL auch die für Neuanlagen geltenden Anforderungen weitgehend erfüllen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als hoch.

### Betriebs-Vorgaben

- Aus der Inspektionstätigkeit, Zulassungsprüfungen, der Analyse meldepflichtiger Vorkomm-

nisse und Sicherheitsindikatoren liegen keine Bewertungen der Kategorien A und höher vor. Aufgrund mehrerer bedeutsamer Bewertungen der Kategorie V bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich Betriebs-Vorgaben nur als gut. Zu diesen Bewertungen gehören namentlich mangelhafte Vorgaben für die Instandhaltung, die zur Unverfügbarkeit von Hauptkondensatpumpen und einer schnellen Leistungsreduktion beitragen, Schwachstellen in der Strahlenschutzplanung und eine unzureichende Testvorschrift, die zu einer 2 Jahre dauernden Unverfügbarkeit einer Redundanz des Vergiftungssystems beitrug.

#### Zustand und Verhalten der Anlage

- Das ENSI beurteilt die Unverfügbarkeit einer Redundanz des Vergiftungssystems, die Undichtigkeit des Einfahrauslassventils eines Steuerstabes, die Durchflussabweichung zwischen den beiden Umwälzkreisläufen, die Unverfügbarkeit von Hauptkondensatpumpen und die Risse an Steu-

erstäben des Typs Marathon 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

- Aufgrund des unbemerkten Verlusts eines Teils bei der Entsorgung von Drytubes im Jahr 2006, der im Jahr 2010 zur Überschreitung der zulässigen Strahlendosis bei einem Taucher führte, beurteilt das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation – trotz eines sonst guten Betriebsgeschehens in diesem Bereich – nur als ausreichend.

Das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition» wurde beim Vorkommnis vom 31. August 2010 verletzt. Mit Ausnahme dieser Situation waren die Schutzziele im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.



Blick auf das  
Zentrale Zwischenlager  
in Würenlingen.  
Foto: ENSI

## 5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Das Zentrale Zwischenlager (ZZL) der Zwischenlager Würenlingen 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 hinweg bis zur 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 wurde im Berichtsjahr ein Transport und Lagerbehälter (TL-Behälter) mit abgebrannten Brennelementen aus dem KKL eingelagert. Das ENSI hat den entsprechenden Einlagerungsantrag geprüft und die Einlagerungsfreigabe erteilt. Ende 2010 betrug der Lagerbestand im HAA-Lager 34 TL-Behälter, davon 5 CASTOR- und 3 TN-Behälter mit insgesamt 224 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen bei AREVA NC (La Hague), 25 TN-Behälter mit insgesamt 1832 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 2010 rund 17 %. Neben den erwähnten Transport- und Lagerbehältern 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 2010 konditionierte Gebinde aus der ZWILAG Produktion sowie mittelak-

tive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in Frankreich (CSD-C) eingelagert. Ende 2010 betrug der Bestand im MAA-Lager 5834 Gebinde in Lagergestellen (Harassen), was einem Belegungsgrad von rund 22 % entspricht. Das SAA-Lager wird entsprechend dem Nutzungskonzept der ZWILAG bis auf Weiteres als konventionelles Lager für nicht-radioaktive Ausrüstungen und Materialien genutzt. Demzufolge bleibt der maschinentechnische Ausbau auf die für diese Nutzung erforderlichen Einrichtungen beschränkt.

Das Blei-Wismut-Target (Megapie), welches zur Produktion von Neutronen in der Spallations-Neutronenquelle (SINQ) am PSI-West bestrahlt und entsprechend aktiviert worden war, wurde erfolgreich zerlegt und konditioniert. Nach Abschluss der Arbeiten wurde die heisse Zelle 2010 dekontaminiert. Dank sorgfältigem Vorgehen konnte der radiologische Zustand vor der Megapie-Zerlegung wieder erreicht werden. Das konditionierte Material wurde in einer ersten Phase zum Abklängen ins MAA-Lager der ZWILAG eingelagert und soll später ins Bundeszwischenlager (BZL) des PSI überführt und dort eingelagert werden.

Das Innere  
der Lagerhalle mit den  
Lagerbehältern für  
abgebrannte Brennelemente  
und für verglaste  
hochaktive Abfälle.  
Foto: ZWILAG

## 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. Im Berichtsjahr fanden in der Konditionierungsanlage folgende grösseren Arbeiten statt:

- 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.
- Sekundärabfälle aus dem Betrieb der Lager sowie der Konditionierungsanlage und der Plasma-Anlage wurden im Hinblick auf eine spätere Endkonditionierung verarbeitet und verpackt.
- Die Behandlung der kontaminierten Fässer aus dem KKM und dem PSI, die in den letzten Jahren zur Entsorgung angeliefert wurden, wurde im Berichtsjahr erfolgreich abgeschlossen. Die zerlegten Fassteile wurden mittels der neuen Ultraschall-Anlage und der Elektro-Polierstation



dekontaminiert und konnten vollständig freigemessen werden.

- Die im Rahmen der Jahresrevision 2010 im KKL demontierte Anzapfleitung eines Niederdruck-Vorwärmers wurde angeliefert (insgesamt 16 697 kg) und umgehend der Konditionierung zugeführt. In der Konditionierungsanlage werden die Teile weiter zerlegt, dekontaminiert und freigemessen. Mit dem Abschluss dieser Kampagne ist Mitte 2011 zu rechnen.
- Korrodierte Fässer des KKG (1 Stück) und des KKM (10 Stücke) wurden zerlegt und portioniert. 2011 werden 6 weitere korrodierte Fässer des KKM zerlegt. Die zerlegten Portionen werden anschliessend anderen brennbaren Rohabfällen des KKG bzw. des KKM zugemischt und später über die Plasma-Anlage in eine endlagerfähige Schlacke überführt.
- Die im Rahmen der Rohabfallanlieferung aus dem KKM angelieferten Teile der Umwälzschleife wurden umgehend der Konditionierung zugeführt. Grössere Teile wurden zerkleinert und der Zementierung in Beton-Containern zugeführt.

### 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 erfolgreichen Verarbeitung von 1095 Abfallfässern und ca. 900 Litern Öl zu 299 konditionierten Gebinden ausdrückt. Dies entspricht mehr als dem Jahresanfall aus dem Betrieb in allen schweizerischen Kernanlagen.

Um die Abgabe von  $^{137}\text{Cs}$  im Abwasser während den Verbrennungskampagnen zu reduzieren, wird seit dem Jahr 2010  $^{137}\text{Cs}$  durch Sorption an selektiven Molekularsieben abgetrennt. Dadurch wird die  $^{137}\text{Cs}$ -Jahresabgabe gegenüber dem Vorjahr um zwei Drittel reduziert. Die verbrauchten Siebe werden in der Plasma-Anlage verbrannt.

Die ZWILAG versucht laufend, die Sekundärabfälle aus dem Betrieb der Plasma-Anlage zu reduzie-

ren. Dank Optimierungen bei der Ofenfahrweise wurden bei den letzten Verbrennungskampagnen weniger Fässer mit Sekundärabfällen produziert als verarbeitet. Damit konnte erstmals eine Verringerung des Sekundärabfallbestandes erreicht werden. Weitere Optimierungen sind vorgesehen.

### 5.4 Strahlenschutz

In der Berichtsperiode wurde im ZZL eine Kollektivdosis von 18,6 Pers.-mSv akkumuliert. Der geschätzte Wert von 21,6 Pers.-mSv wurde dank guter administrativer und technischer Strahlenschutzmassnahmen deutlich unterschritten.

Die höchste registrierte Einzeldosis betrug 3,1 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.

Zu den im Berichtsjahr ausgeführten strahlenschutzrelevanten Tätigkeiten des ZZL-Betriebs zählen unter anderem die Handhabung von Transport- und Lagerbehältern für abgebrannte Brennelemente und mittelaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung, die Anlieferung von radioaktiven Stoffen zur weiteren Verarbeitung im ZZL, die Konditionierung von radioaktiven Abfällen sowie die Verbrennungs- und Schmelzkampagnen in der Plasma-Anlage. Im Berichtsjahr wurde auch die Garderobe für den Zutritt zu der kontrollierten Zone vergrössert und umgebaut. Um die Transportsicherheit eines Schwerlastfahrzeugs zu optimieren, wurde dessen Bergung unter Beachtung des Strahlenschutzes erfolgreich geübt.

Die Tätigkeiten in den Anlagen der ZWILAG wurden unter Einhaltung der gesetzlichen und internen Strahlenschutzvorgaben durchgeführt. Die Ergebnisse mehrerer ENSI-Inspektionen bestätigen, dass im ZZL ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird.

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.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des gemeinsamen Standortes von PSI und ZWILAG wird auf den Strahlenschutzbericht 2010 des ENSI verwiesen.

## 5.5 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des ZWILAG ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen zusammen mit einer entsprechenden Auslegung der Anlage hat das ZWILAG

die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Das ENSI hat im Juni 2010 an der Werknottfallübung AQUILA die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Für die Übung wurde angenommen, dass ein Frachtflugzeug östlich des ZWILAG abstürzte und das Gebäude K beschädigte. Die Betriebswache leitete die Alarmierung der Rettungskräfte ein und der Notfallstab bezog den Ersatznotfallraum im KKB. Das ENSI kam zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Das ZWILAG verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Im November 2010 löste das ENSI in der ZWILAG ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werknottfallstabes gemäss Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

## 5.6 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr wurde das Ausbildungskonzept des ZWILAG für das Personal, welches sicherheitsrelevante Arbeiten ausführt, inspiziert. Die Ausbildung wird in Art. 22 der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) verlangt. Sie ist im Prozess Personalwesen des ZWILAG-Managementsystems beschrieben, die einzelnen Tätigkeiten werden durch Weisungen, Checklisten etc. gelenkt und die Ergebnisse werden dokumentiert.

## 5.7 Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen

In La Hague (Frankreich) und in Sellafield (Grossbritannien) werden 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 allerdings auf die vor Juli 2006 dorthin transportierten Brennelemente. Die bei der Wiederaufarbeitung entstandenen Abfälle müssen vertragsgemäss in die Schweiz zurückgeführt werden. Zur Rücklieferung vorgesehen und bereits erzeugt sind verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung bei AREVA NC und bei SL sowie verpresste mittelaktive Abfälle der AREVA NC.

Mit den bisherigen ausschliesslich aus Frankreich zurück gelieferten Glaskokillen hat die Schweiz bereits rund 50 % ihrer Verpflichtungen gegenüber AREVA NC für die Rücknahme hochaktiver Abfälle erfüllt. Weitere Transporte dieser Abfallart zum ZZL werden ab 2012 stattfinden.

Im Berichtsjahr hat sich die Rücklieferung von mittelaktiven verpressten Abfällen (CSD-C) der AREVA NC fortgesetzt. Die entsprechende Rücknahmequote dieser Abfallart betrug per Ende 2010 ca. 30 % der Rücknahmeverpflichtung. 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 analog den mittelaktiven Betriebsabfällen wieder ausgeladen und im MAA-Lager eingelagert werden. Im Berichtsjahr hat jeweils eine Anlieferung von mittelaktiven Abfällen aus La Hague im Frühjahr und im Herbst stattgefunden. Die Anlieferung im Frühjahr betraf 60 CSD-C-Behälter mit Abfällen aus der Wiederaufarbeitung von Brennstoff aus dem Betrieb

des KKB und KKM und erfolgte in drei Transportbehältern mit je 20 Kokillen. Die Anlieferung im Herbst erfolgte ebenfalls in drei Transportbehältern und betraf 56 CSD-C-Behälter mit Abfällen aus der Wiederaufarbeitung von Brennstoff aus dem Betrieb des KKG. Die CSD-C-Behälter wurden jeweils aus den Transportbehältern entladen und in das MAA-Lager der ZWILAG eingelagert. Die entleerten Transportbehälter werden wiederholt für weitere Rücklieferungen eingesetzt. Das ENSI hat für jede der Rücklieferungen eine Genehmigung zum Übertritt in den Aufsichtsbe- reich des ENSI gemäss der Richtlinie ENSI-B05 dem jeweiligen Abfalleigentümer erteilt und hat während der Einlagerungsarbeiten zwei Inspektionen durchgeführt.

Für die Rückführung der Abfälle aus Sellafield machen die schweizerischen Kernkraftwerksbetreiber von der Möglichkeit der Substitution Gebrauch: Anstelle 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. Erste Rücktransporte der Glaskokillen aus Sellafield sind ab 2013 geplant.

## 5.8 Vorkommnisse

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

## 5.9 Gesamtbeurteilung

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die ZWILAG die bewilligten Betriebsbedingungen im Jahr 2010 eingehalten hat.





Links: PSI-Westareal  
Rechts: PSI-Ostareal  
Rechts hinten: ZWILAG  
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 Materialwissenschaften, Elementarteilchen-Physik, Umwelt- und Energieforschung, Biowissenschaften sowie Strahlenmedizin. Der Nullleistungs-Forschungsreaktor PROTEUS, das Hotlabor, die Anlagen für die Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle 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 Hotlabor erörtert. Am 5. Januar 2010 kam es während ca. 20 Minuten zu einem Stromausfall im gesamten Areal-Ost des PSI. Das Notstromdiesel-Netz übernahm nach einem kurzen Unterbruch die Versorgung der sicherheits-

relevanten Komponenten der Kernanlagen, wie beispielsweise die Lüftungen zur Unterdruckhaltung in den kontrollierten Zonen. Die Erfahrungen während des Stromausfalls wurden systematisch ausgewertet, so dass punktuell Verbesserungspotenzial erkannt und Gegenmassnahmen eingeleitet wurden. Das PSI beauftragte das Schweizerische Sicherheitsinstitut mit der Durchführung der nach Richtlinie HSK-R-50 geforderten Brandschutzkontrollen und erledigte die daraus resultierenden Auflagen und Empfehlungen.

### 6.2 Forschungsreaktor PROTEUS

Im Forschungsreaktor PROTEUS wurden im Jahr 2010 keine Bestrahlungen im Rahmen von wissenschaftlichen Forschungsprogrammen durchgeführt. Betriebliche Aktivitäten beschränkten sich auf routinemässig durchgeführte Checks, Wartungsarbeiten und Inspektionen. Der Reaktor wurde im Jahr 2010 während 4,5 Stunden betrieben (2009: 60 h; 2008: 40 h) und erbrachte dabei eine integrierte Leistung von 0,04 kWh.

Vorkommnismeldung: Bei der dreimonatlichen Prüfung der Reaktorschutzzinstrumentierung und des Reaktorabschaltsystems am 21. Dezember 2010 konnten die Sicherheits- und Abschaltstäbe nicht wieder ausgefahren werden, so dass der Reaktor nicht in Betrieb genommen werden konnte. Als Störungsursache wurde ein defekter Endschalter an der Seilüberwachung festgestellt. Die Reaktorschnellabschaltung (SCRAM) war nicht beeinträchtigt. Als Sofortmassnahme wurde der Endschalter durch einen baugleichen ersetzt. Der auslösende Faktor für die Störung war eine alterungsbedingte mechanische Verschiebung der elektrischen Kontakte. Das PSI geht von einer einmaligen und sporadischen Störung aus. Bei dem Vorkommnis wurden keine radioaktiven Stoffe freigesetzt und die nukleare Sicherheit der Kernanlage war jederzeit gewährleistet. Der Fehler wurde bei einem periodischen Test erkannt. Das Vorkommnis hat eine sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung. Das ENSI bewertet das Vorkommnis mit INES 0 (unterhalb der Skala). Das ENSI inspizierte die vorgeschriebenen Prüfungen des Reaktorschutzes. Die Tests verliefen nach Vorschrift. Die Fallzeiten der Sicherheits- und Abschaltstäbe lagen unterhalb den geforderten Grenzwerten und die Dokumentation im Reaktorjournal entsprach den Vorgaben.

### 6.3 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.

Vorkommnismeldung: Die Leckage eines mit aktinidenhaltiger Lösung gefüllten 20-Liter-Abfallfasses verursachte am 2. Dezember 2010 im Untergeschoss des Hotlabors eine nennenswerte Bodenkontamination. Die lokale Anpassung der kontrollierten Zone auf Typ III während mehr als 8 Stunden wurde vorschriftsgemäss als Vorkommnis gemeldet und als INES 0 bewertet. Die Kontamination konnte am nächsten Arbeitstag entfernt werden. Sie bewirkte weder Personenkontaminationen noch Inkorporationen.

Im Hotlabor erfolgt auch die Konditionierung radioaktiver Abfälle aus dem Betrieb der heissen Zel-

len. Darunter fallen insbesondere Abfalllösungen, die bei der Brennstoff-Analytik anfallen, und Aktinide sowie Spalt- und Aktivierungsprodukte enthalten. Für das weiterentwickelte Verfahren zur Verfestigung dieser radioaktiven flüssigen Abfälle (Fixbox-3) hat das ENSI die Genehmigung zur Typenprüfung mit Auflagen erteilt.

Die Kollektivdosis der im Hotlabor beschäftigten 35 Personen betrug 5,5 Pers.-mSv, die höchste Individualdosis 0,5 mSv.

### 6.4 Stillgelegte oder im Rückbau stehende Kernanlagen

Beim stillgelegten Forschungsreaktor SAPHIR wurden das Reaktorbecken und die biologische Abschirmung vollständig abgebrochen und entsorgt. Seit Anfang 2009 ruhen die Rückbauarbeiten, weil der Rückbau des Gebäudes, gemäss der Planung der Stilllegungsbewilligung, bis zur vollständigen Entleerung des Kernbrennstofflagers zurückgestellt ist.

Die biologische Abschirmung des Reaktors DIORIT wurde bis Ende 2010 auf das Niveau von 1.9 Meter über dem Hallenboden rückgebaut, in einem Bereich sogar bis auf den Hallenboden. Es wurden 166 Tonnen, vorwiegend Beton, gemäss Richtlinie ENSI-B04 freigemessen und konventionell entsorgt. Der Anlagezustand wird weiter verbessert, indem Räume der kontrollierten Zone im Untergeschoss renoviert werden. Im Berichtsjahr wurden Lüftungsanlagen mit Filterbänken ausgerüstet, Brandmelder eingesetzt und die elektrischen Installationen revidiert.

Der Betrieb der Versuchsverbrennungsanlage des PSI wurde Ende 2002 eingestellt. Die Überwachung der abgestellten Kernanlage erfolgt routinemässig durch die Sektion Rückbau und Entsorgung.

### 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 2010 wurden insgesamt 45,6 m<sup>3</sup> MIF-Abfälle bei der Bundessammelstelle angeliefert, wovon 1,94 m<sup>3</sup> aus den Sammelaktionen des Bundesamts für Gesundheit (BAG), 42,7 m<sup>3</sup> aus dem PSI und 1 m<sup>3</sup> aus anderen Kernanlagen (EPFL und ZWILAG) stammen. Unter den 1,94 m<sup>3</sup> aus den BAG-Sammelaktionen befanden sich 90 vorkonditionierte Stahlzylinder (0,83 m<sup>3</sup>). Deren Übertritt in den Aufsichtsbereich des ENSI wurde vorgängig auf Basis der Richtlinie ENSI-B05 genehmigt. Zur Behandlung in der Plasma Anlage der ZWILAG

wurden 44,3 m<sup>3</sup> feste, brennbare Rohabfälle aussortiert und verpresst; dabei wurden 71 Fässer à 200 Liter befüllt und bereitgestellt. In der Berichtsperiode hat das PSI 51 Fässer à 200 Liter mit vorkonditionierten brennbaren Abfällen sowie 0,9 m<sup>3</sup> kontaminiertes Altöl zur Verbrennung in der Plasma-Anlage an die ZWILAG abgegeben. Im Berichtsjahr hat das PSI 6 Beton-Kleincontainer vom Typ KC-T12, entsprechend einem Bruttovolumen von insgesamt 27 m<sup>3</sup>, vorwiegend mit Stilllegungsabfällen des Forschungsreaktors DIO-RIT endkonditioniert; ausserdem wurden 2 Fässer à 200 Liter mit nicht brennbaren, pressbaren bzw. stückigen MIF-Abfällen gemäss bereits genehmigter Abfallgebindetypen endkonditioniert. Des Weiteren hat das ENSI zwei neue Abfallgebindetypen mit Uran-haltigen MIF-Abfällen genehmigt und zwei weitere Abfallgebindetypen mit Tritium-haltigen MIF-Abfällen (dicht verschweisste Stahlzylinder) beurteilt. Die Kollektivdosis der 21 Personen, die beim Rückbau der beiden Forschungsreaktoren und der Be-

Hotlabor am PSI.  
Foto: PSI



handlung radioaktiver Abfälle beteiligt waren, betrug 4,7 Pers.-mSv; die höchste Individualdosis dieser Gruppe lag bei 0,8 mSv.

Im Berichtsjahr wurde nebst den 166 Tonnen aus den Rückbauarbeiten am DIORIT weitere 58 Tonnen gemäss Richtlinie ENSI-B04 freigemessen. Eine der Freimessungen wurde vom ENSI inspiziert, wobei Normalität festgestellt wurde.

## 6.6 Lagerung radioaktiver Abfälle

Im Bundeszwischenlager (BZL) werden vorwiegend 200-Liter-Fässer und Kleincontainer (bis 4,5 m<sup>3</sup>) 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 insgesamt 113 endkonditionierte 200-Liter-Fässer neu im BZL eingelagert; dabei handelt es sich um 113 dem PSI zugewiesene Kokillenfässer aus der Plasma-Anlage der Zwiilag. Somit war der mit 200-Liter-Fässern belegte Raum Ende 2010 zu 84 % gefüllt (+ 2 %). Das Inventar des BZL-Container-Teils blieb gleich, aber es wurden 6 nicht endkonditionierte KC-T12 Beton-Kleincontainer mit PSI-Stillegungsabfällen herausgenommen, endkonditioniert und anschliessend wieder neu eingelagert.

Die in Kap. 6.5 erwähnten und angelieferten 90 Stahlzylinder wurden temporär in den Lagerhallen auf dem Gelände AERA untergebracht, da deren Inventar nicht mehr vollumfänglich durch die BZL-Störfallanalyse abgedeckt ist. Diese Gebinde sollen später, nach positiver Beurteilung der neuen, noch ausstehenden Störfallanalyse durch das ENSI, im BZL in KC-T12 Containern eingelagert werden. In weiteren Hallen lagern entsprechend den betrieblichen Erfordernissen sowohl unkonditionierte als auch konditionierte Abfälle. 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 Bewirtschaftung des elektronischen Buchführungssystems war Gegenstand der Jahresinspektion durch das ENSI in den PSI-Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (AERA). Dabei wur-

den die Betriebsvorgaben zur Dokumentation der Abfalldaten mit «Guter Praxis» bewertet. Bezüglich der Qualitätssicherung der Daten hat das ENSI allerdings «Verbesserungsbedarf» festgestellt. Bei allen anderen Bewertungen ergab die Inspektion «Normalität».

## 6.7 Strahlenschutz

Im Jahr 2010 akkumulierten die 1491 beruflich strahlenexponierten Personen des PSI eine Kollektivdosis von 129,5 Pers.-mSv (2009: 85,9 Pers.-mSv). Davon stammen 14,3 Pers.-mSv aus dem Aufsichtsbereich des ENSI (2009: 11,7 Pers.-mSv) bei einer höchsten Individualdosis von 0,8 mSv. Detaillierte Angaben zu den Personendosen sind im Strahlenschutzbericht des ENSI zu finden.

Das ENSI hat in vierteljährlich stattfindenden Inspektionen Abwasserproben aus den Abwassertanks des PSI erhoben und bei der gamma-spektrometrischen Auswertung festgestellt, dass die Ergebnisse des ENSI mit den PSI-eigenen Analysen dieses Abwassers 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 0,005 mSv/Jahr berechnet. Diese Dosis liegt deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv/Jahr gemäss PSI-Abgabereglement.

## 6.8 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des PSI ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen und einer entsprechenden Auslegung seiner Anlagen hat das PSI die Notfallbereitschaft sicherzustellen.

Das ENSI hat im September 2010 an der Institutsnotfallübung FARADAY zusammen mit dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) die Notfallorganisation des PSI beobachtet und beurteilt. Für die Übung wurde die Überhitzung eines Transformators mit einem Kurzschluss in der Neutronenleithalle angenommen, welcher zu einem kompletten Stromausfall in der gesamten Halle führte. Die Überhitzung war so stark, dass es zu einem Brand

mit starker Rauchentwicklung kam. Durch den Stromausfall fielen sämtliche Überwachungseinrichtungen aus. Das Szenario umfasste auch die Rettung von Personen durch die Feuerwehr und eine Kontamination von zwei Feuerwehrleuten. Alle Stellen der Notfallorganisation haben, gemäss den beiden Aufsichtsbehörden, die für das Ereignis adäquaten Massnahmen ergriffen. Im Notfallstab erfolgte die Stabsarbeit sehr strukturiert und diszipliniert. Gegenüber der Notfallübung 2009 konnte eine grundlegende Verbesserung der Stabsarbeit beobachtet werden. 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

Das ENSI hatte festgestellt, dass das Hotlabor bisher die Betriebserfahrung vergleichbarer Anlagen nicht systematisch verfolgt und auf die Bedeutung für die eigene Anlage überprüft. Da in der Schweiz keine vergleichbaren Anlagen bestehen und international keine organisierte Informationsplattform für solche Informationen besteht, hat das Hotlabor im Berichtsjahr die Initiative ergriffen und einen internationalen Workshop zu diesem Thema organisiert. Fast alle europäischen Forschungslaboratorien, welche mit bestrahlten Brennstoffen arbeiten, haben teilgenommen und ihre Erfahrungen vorgestellt. Die Teilnehmer haben sich auf eine jährliche Durchführung des Workshops geeinigt. Das ENSI begrüsst diese Initiative des PSI. Ein Informationsaustausch über Betriebserfahrungen leistet einen hilfreichen Beitrag zur Förderung der Sicherheit im Hotlabor, indem Erfahrungen anderer für die eigene Anlage genutzt werden können.

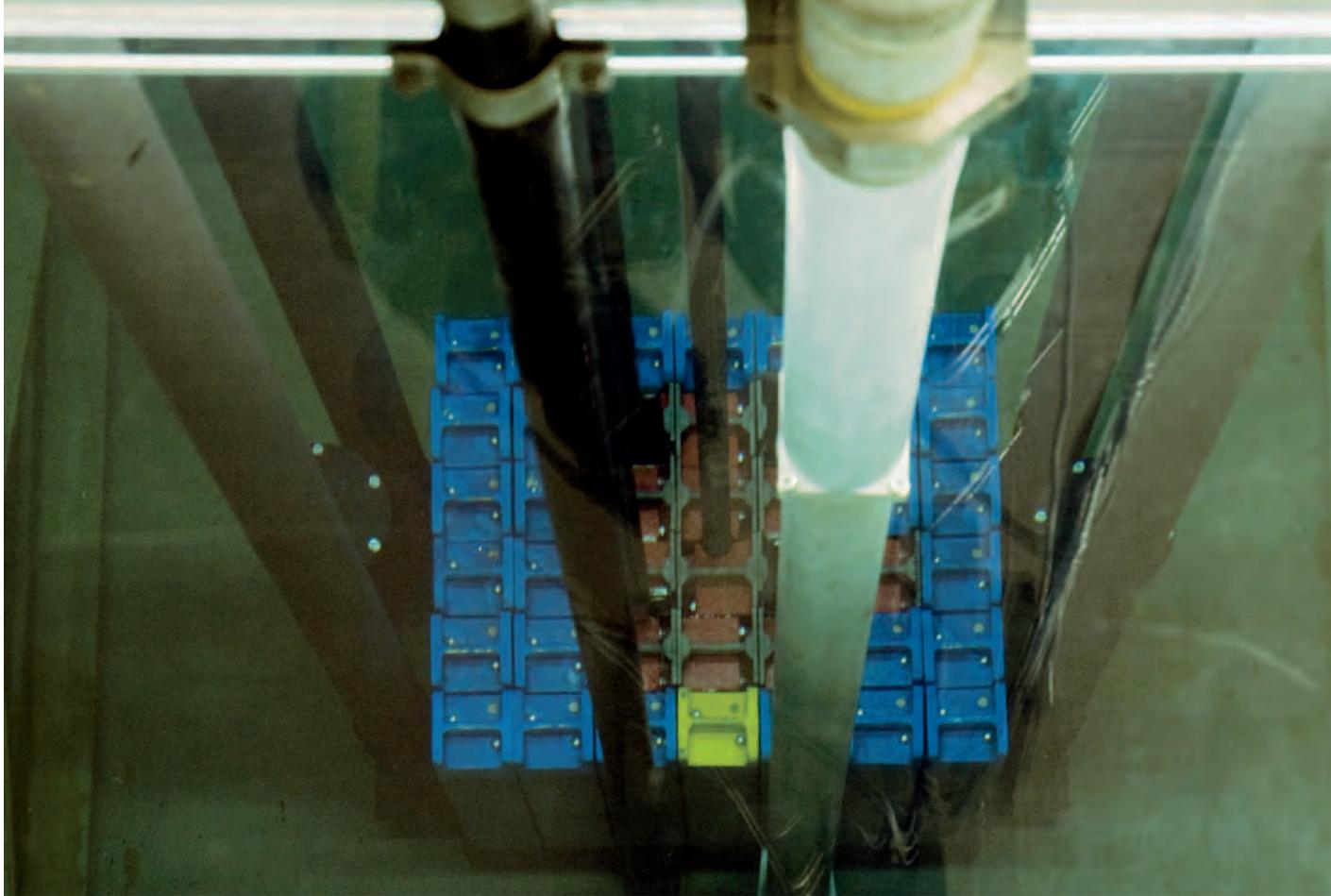
## 6.10 Strahlenschutz-Schule

Im Berichtsjahr wurde neben zahlreichen Kursen im Bereich Medizin und Forschung auch der vom ENSI anerkannte Ausbildungskurs zum Strahlenschutz-Techniker durchgeführt. Dieser 12-wöchige, anspruchsvolle Kurs wurde von 9 Teilnehmenden besucht und mit Prüfung erfolgreich abgeschlossen. Drei Teilnehmende stammten aus schweizerischen Kernkraftwerken, eine Person aus dem PSI und fünf aus deutschen Kernkraftwerken oder deutschen Dienstleistungsunternehmen, welche fallweise auch in der Schweiz tätig sind. Das ENSI hat die Qualität des Unterrichts beurteilt, die Prüfungen beaufsichtigt und der Schule ein hohes Niveau der Lehrveranstaltungen attestiert.

## 6.11 Gesamtbeurteilung

Die nukleare Sicherheit im PSI war sowohl in Bezug auf die Auslegung der Kernanlagen als auch auf das Betriebsgeschehen gut. Die Betriebsstörungen und Vorkommnisse waren für das Personal und die Kernanlagen von geringer sicherheitstechnischer Bedeutung. Es gab keine radiologischen Auswirkungen auf die Bevölkerung. Das ENSI begrüsst die Initiative des PSI, einen internationalen Workshop zum Informationsaustausch über Betriebserfahrungen mit Hotlaboratorien zu organisieren. Die Teilnahme fast aller europäischen Forschungslaboratorien zeigt das über Landesgrenzen verbreitete Interesse an einer zielgerichteten Förderung der Sicherheit. Das ENSI hat bei Inspektionen festgestellt, dass das Personal der Vielfalt und Komplexität der PSI-Anlagen kompetent Rechnung trägt. Die Planung und Umsetzung neuer Projekte wird angemessen unterstützt.





Reaktorkern (rot) des  
Forschungsreaktors der  
Uni Basel.  
Foto: ENSI

## 7. Weitere Kernanlagen

### 7.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Die Kernanlagen der EPFL umfassen 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. Im Jahr 2010 stand der CROCUS-Reaktor Ingenieur- und Physikstudenten der EPFL, Kursteilnehmern der Reaktorschule des PSI sowie Studenten der Ingenieurschule Genf (HEPIA), Studenten des Departements für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der ETHZ, Kursteilnehmern der Fortbildungskurs Kerntechnik von Swissnuclear und auch Studenten des Swiss Nuclear Engineering Masterkurses der ETHZ/EPFL während 256,5 Stunden bei kleiner Leistung (unter 100 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 534 Wh thermische Energie erzeugt. Das Experiment CARROUSEL wurde für

Praktika verwendet. Die Neutronenquelle LOTUS war nicht in Betrieb.

Im Berichtsjahr wurden die drei Haefely-Neutronenröhren mit dem Hauptnuklid Tritium zur Entsorgung ins PSI transportiert. Die Transportbewilligung wurde nach positiver Stellungnahme des ENSI vom BFE erteilt. Das ENSI hat in Lausanne den Versand der drei Haefely-Neutronenröhren inspiziert. Der Transport wurde durch eine reibungslose Zusammenarbeit zwischen der EPFL und dem PSI fachgerecht abgewickelt.

Im Jahr 2010 traten keine meldepflichtigen Vorkommnisse von sicherheitstechnischer Bedeutung gemäss Richtlinie ENSI-B03 auf. Die Dosen des Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend. Anlässlich einer Inspektion im November 2010 stellte das ENSI fest, dass sich die Anlagen in einem ordentlichen, sauberen und sicherheitstechnisch einwandfreien Zustand befinden und die Vorschriften betreffend Strahlenschutz für das Personal und die Umwelt eingehalten werden.



Blick in den  
wassergefüllten  
Forschungsreaktor  
der Uni Basel.  
Foto: ENSI

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die bewilligten Betriebsbedingungen im Jahr 2010 eingehalten wurden.

## 7.2 Universität Basel

Der Forschungsreaktor AGN-211-P der Universität Basel dient vorwiegend der Ausbildung von Studenten und der Neutronenaktivierungsanalytik (NAA).

Die Nutzung des Reaktors hat sich gegenüber den Vorjahren kaum verändert. Im Berichtsjahr betrug die produzierte Energie 34,8 kWh (2009: 36,9 kWh 2008: 23,8). Die Anlage wurde im Jahr 2010 hauptsächlich zur Qualitätsprüfung von Lebensmitteln durch das Kantonale Laboratorium Basel-Stadt und zur Ausbildung von Studenten in der NAA genutzt. Die PSI-Reaktorschule verwendete die Anlage im Rahmen ihres erweiterten Ausbildungsprogramms an mehrtägigen Praktika. Zudem wurden bei Strahlenschutzausbildungen Bestrahlungen und radiologische Messungen durchgeführt. Das öffentliche Interesse am Forschungsreaktor Basel ist deutlich gestiegen: Insgesamt besuchten 12 Gruppen aus Schulen und der Industrie die Anlage.

Der Reaktorbetrieb erfolgte im Kalenderjahr 2010 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 November 2010 wurde eine defekte Elektronik-Baugruppe der Reaktorinstrumentierung ausgetauscht.

Im Auftrag des ENSI wurde 2010 die alle drei Jahre fällige Brennelementkontrolle von einem externen Experten durchgeführt. Bei den Brennelementen wurden keine Abweichungen festgestellt. Die Handhabung der Brennelemente, die in der Verantwortung der Universität Basel liegt, hatte weiteres Verbesserungspotenzial gezeigt. Unmittelbar nach der Brennelementkontrolle realisierte die Universität geeignete Verbesserungen.

Die Individualdosen sowie die Kollektivdosis des am Reaktor tätigen Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze der Dosimeter. Die Abgaben radioaktiver Stoffe über den Luft- und den Abwasserpfad waren unbedeutend.

Das ENSI stellte fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen im Jahr 2010 eingehalten wurden.



Spezial-Strassenfahrzeug  
der ZWILAG.  
Foto: ZWILAG

## 8. Transport von radioaktiven Stoffen

### 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 (ADR<sup>1</sup>) bzw. mit der Eisenbahn (RID<sup>2</sup>). Bei allen Verkehrsträgern kommen die IAEA-Empfehlungen (TS-R-1<sup>3</sup>) 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 SDR<sup>4</sup> und die RSD<sup>5</sup>. 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 (vergl.

folgende Kapitel). Das ENSI ist die zuständige schweizerische Behörde für die Ausstellung von Genehmigungszeugnissen gemäss Gefahrgutgesetzgebung, und das 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 Zulassung derartiger Behältertypen im Ursprungsland ist somit nicht Aufgabe des ENSI. Dagegen ist häufig eine Anerkennung der von der zuständigen Behörde des Ursprungslands 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 spezi-

<sup>1</sup> Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse

<sup>2</sup> Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter

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

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

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

elle 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 10 Gesuche nach Gefahrgutgesetzgebung beurteilt und die entsprechende Genehmigung ausgestellt. Alle 10 Gesuche betrafen die Anerkennung der Zulassung von Versandstückmustern.

## 8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung

Gemäss Artikel 2 des Strahlenschutzgesetzes sind das Transportieren 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 Bundesamt für Gesundheit (BAG) zuständig. Beide Behörden haben im Berichtsjahr ein vereinfachtes Bearbeitungsverfahren abgestimmt für den Fall, dass ein Gesuchsteller bereits in Besitz einer entsprechenden Bewilligung aus dem anderen Zuständigkeitsbereich ist. Neu haben diese Bewil-

ligungen des ENSI eine Gültigkeitsdauer von 10 Jahren. Aufgrund der längeren Gültigkeitsdauer der Bewilligung wird ein Nachweis für die Aktualisierung der Strahlenschutzkenntnisse des Strahlenschutzsachverständigen nach 5 Jahren durch den Besuch eines Weiterbildungskurses verlangt.

Im Berichtsjahr hat das ENSI 10 Bewilligungen einschliesslich einer der oben beschriebenen Einzelgenehmigungen erteilt.

## 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 Bundesamt für Energie (BFE). Im Hinblick auf die kernenergierechtliche Bewilligung von Transporten prüft jeweils das ENSI als Fachbehörde, ob die nukleare Sicherheit und Sicherung gewährleistet und die Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter erfüllt sind. Das BFE erteilt die Bewilligung erst aufgrund einer zustimmenden Beurteilung durch das ENSI. Diese Bewilligungen des BFE sind gemäss KEG und Kernenergieverordnung (KEV) anders als die in Kapitel 8.2 genannten Bewilligungen nach StSG inhaltlich sowie zeitlich (auf max. 12 Monate mit einer einmaligen Verlängerungsmöglichkeit von 6 Monaten) beschränkt.



Nächtlicher Transport eines TL-Behälters.  
Foto: ZWILAG

Im Berichtsjahr hat das ENSI 17 Beurteilungen für kernenergierechtliche Transportbewilligungen abgegeben, davon 8 Bewilligungen für Kernmaterial und 9 für Abfälle. Dabei handelte es sich um die Versorgung der Werke mit frischen Brennelementen, den Transport von radioaktiven Abfällen und abgebrannten Brennelementen aus den KKW ins ZZL und Transporte von Proben, Quellen und einzelnen Brennstäben für Untersuchungen am PSI bzw. in ausländischen Laboratorien. Speziell fand ein Transport von Pu/Be-Neutronenquellen vom PSI zur Entsorgung in die USA statt.

#### **8.4 Brennelemente zur Wiederaufarbeitung und Rückführung der Abfälle**

Aufgrund des zehnjährigen Moratoriums finden bis 2016 keine Transporte bestrahlter Brennelemente zur Wiederaufarbeitung ins Ausland statt. Hingegen erfolgten 2010 wie in den Vorjahren zwei Transporte von mittelaktiven CSD-C-Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in Frankreich zum ZZL. Gemäss den derzeitigen Planungen für die Rückführung der Abfälle, welche den Schweizer Werken aus der früheren Wiederaufarbeitung ihrer Brennelemente in La Hague und Sellafield zugeordnet worden sind, wird die Rückführung bis 2017 abgeschlossen sein.

#### **8.5 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern**

Das bewilligte Konzept der Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und von Glaskokillen bezweckt, 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 TL-Behälter spezifiziert, son-

dern 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 2010 befanden sich 19 Behälter in den verschiedenen Fertigungsphasen, von der Fertigungsvorbereitung bis zur Prüfung der Gesamtdokumentation nach Fertigungsabschluss. 7 Brennelementbehälter und 5 Behälter für hochaktive verglaste Abfälle wurden kontrolliert. In Einzelfällen ergaben sich Beanstandungen, die jeweils vom Hersteller korrigiert wurden oder nach eingehender Prüfung als nicht sicherheitsrelevant und damit als akzeptabel qualifiziert wurden. Bei einem Unterlieferanten wurden Qualitätsmängel festgestellt. Nach Vorlage eines Untersuchungsberichtes und daraufhin eingeleiteten Korrekturmaassnahmen konnte wieder eine ausreichende Fertigungsqualität bescheinigt werden.

Im Berichtsjahr erteilte das ENSI 2 Freigaben für die Verwendung und 2 Freigaben für die Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern. Alle Freigaben betrafen Behälter für abgebrannte Brennelemente.

Zurzeit befinden sich 2 neue Behältertypen im Zulassungsverfahren nach der Richtlinie ENSI-G05. Aufgrund des innovativen Charakters dieser Behältertypen und des daraus folgenden Prüfumfanges werden diese Verfahren als Projekte auch unter Beizug externer Experten abgewickelt. In einem Fall handelt es sich um ein grundsätzlich neuartiges Behälterkonzept, für das im November 2010 eine experimentelle Erprobung zum Nachweis der Flugzeugabsturzicherheit durchgeführt wurde.

#### **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 Vor-

schriften gewährleisten. Im Rahmen der in den Kapiteln 8.1, 8.2, und 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 Qualitätsbewusstsein dienen.

Das ENSI führte im Jahr 2010 in seinem Aufsichtsbereich 9 Transportinspektionen durch. Betroffen waren frische und bestrahlte Brennelemente, radioaktive Abfälle sowie sonstige radioaktive Stoffe (Proben, Quellen, Werkzeuge, etc.). In zwei Fällen wurden Abweichungen festgestellt. Dennoch wurden die Grenzwerte für Kontamination und Dosisleistung jeweils eingehalten. Bezüglich der Transportdurchführung konnte in allen Fällen die Einhaltung der Vorschriften bezüglich Sicherheit und Strahlenschutz des Personals, der Bevölkerung und der Umwelt nachgewiesen werden.

Aufgrund einer festgestellten Abweichung bei einem Abtransport bestrahlter Brennelemente hat das KKL die Vorschrift für die Sekundärdeckel-Dichtheitsprüfung an die Benutzungs- und Wartungsanleitung des Behälterherstellers angepasst. Unabhängig davon wird durch die Primärdeckel-Barriere mit einem deutlich schärferen Kriterium die Dichtheit der Umschliessung sichergestellt.

Bei einer Werkzeuganlieferung im KKM entsprach der Arbeitsablauf nicht dem Qualitätsplan, so dass die Eingangsmessung für Kontamination und Dosisleistung verspätet und unvollständig erfolgte. Diese verspätet erfolgte Messung ergab keine Beanstandung der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte. Das KKM hat eine interne Untersuchung durchgeführt und im Ergebnis dieser Untersuchung den Qualitätsplan überarbeitet und die Mitarbeiter daraufhin geschult.

# 9. Neue Kernkraftwerke

## Vorbemerkung

Die Arbeiten zu den drei Rahmenbewilligungsgesuchen für neue Kernkraftwerke in der Schweiz haben im Frühjahr 2011 eine Wende erfahren. Unmittelbar nach dem schweren Reaktorunfall in Fukushima hat Frau Bundesrätin Leuthard am 14. März 2011 das Bewilligungsverfahren für neue Kernkraftwerke in der Schweiz sistiert. Das Bundesamt für Energie als verfahrensleitende Behörde hat die involvierten Stellen von Bund, Kantonen und Ausland darüber informiert. Die laufenden Arbeiten wurden somit eingestellt.

Da die Begutachtungstätigkeiten des ENSI zu den Neubauprojekten hingegen hauptsächlich im Jahr 2010 ausgeführt wurden, wird darüber im vorliegenden Aufsichtsbericht im Folgenden berichtet.

## 9.1 Ausgangslage

Im Jahre 2008 wurden beim Bundesamt für Energie (BFE) Rahmenbewilligungsgesuche für den Ersatz der Kernkraftwerke Beznau und Mühleberg sowie für einen Neubau am Standort des KKW Gösgen im solothurnischen Niederamt eingereicht. Die Rahmenbewilligung bildet die Voraussetzung für die Erlangung der Bau- und Betriebsbewilligung und legt im Wesentlichen den Bewilligungsinhaber, den Standort, das Reaktorsystem, die Leistungsklasse, das Hauptkühlsystem und die maximal zulässige Strahlenexposition für Personen in der Umgebung der Anlage fest. Die von der Ersatz Kernkraftwerk Beznau AG (EKKB AG), der Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG) und der Kernkraftwerk Niederamt AG (KKN AG) eingereichten Sicherheits- und Sicherungsberichte sowie die Konzepte für die Stilllegung und den Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle wurden im Jahr 2010 vom ENSI im Auftrag des BFE überprüft. Die Ergebnisse der Überprüfung hat das ENSI in seinen drei Gutachten zu den Rahmenbewilligungsgesuchen, die am 15. November 2010 veröffentlicht wurden, dargelegt. Andere Teile der Gesuchsunterlagen zu den Rahmenbewilligungsgesuchen – Umweltverträglichkeitsberichte und Berichte über die Abstimmung mit der Raumplanung – wurden vom Bundesamt für Umwelt BAFU bzw. vom Bundesamt

für Raumentwicklung ARE geprüft. Die Gutachten des ENSI zu den Rahmenbewilligungsgesuchen sind öffentlich und können auf der ENSI-Website ([www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)) eingesehen werden.

## 9.2 Umfang der ENSI-Überprüfung

Das ENSI hat in erster Linie geprüft, ob der vom Kernenergiegesetz geforderte Schutz von Mensch und Umwelt vor radioaktiver Strahlung an den vorgesehenen Standorten gewährleistet werden kann. Zentrale Elemente für diese Beurteilung sind die Standorteigenschaften und das damit verbundene standortspezifische Gefährdungspotenzial. Die folgenden Standorteigenschaften wurden von den Gesuchstellern betrachtet und vom ENSI überprüft:

- Geografie und Bevölkerungsverteilung
- Verkehrswege und Industrie
- Meteorologie
- Hydrologie und Grundwasser
- Geologie, Baugrund und Seismizität
- Netzanbindung
- Logistik und Baustelleneinrichtung
- Infrastruktur für den Brandschutz

Zur Ermittlung des mit den Standorteigenschaften verbundenen Gefährdungspotenzials für das Kernkraftwerk wurden in Übereinstimmung mit den gesetzlichen Anforderungen, den Vorgaben der Internationalen Atomenergie-Organisation IAEA, der Richtlinie ENSI-A05 und dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik die folgenden Gefährdungen analysiert und bewertet:

- Erdbeben
- Flugzeugabsturz
- Externe Überflutung
- Extreme Winde und Tornados
- Andere Gefährdungen, verursacht beispielsweise durch Explosionen, Brand, Blitzschlag, Vereisung oder durch extreme Trockenheit

Aus den Betrachtungen zur Meteorologie und Hydrologie geht beispielsweise hervor, mit welchen maximalen Wasserpegeln bei einer Überflutung des Standorts gerechnet werden muss, und aus der Beurteilung der Geologie und der Seismizität kann die standortspezifische Gefährdung durch Erdbeben abgeleitet werden. Verkehrswege und Industriebetriebe in der Nähe eines Stand-

orts wurden dahingehend beurteilt, ob von diesen Einrichtungen Gefährdungen wie beispielsweise Brände oder Explosionen ausgehen können. Die Gesuchsteller hatten aufzuzeigen, wie die geplanten Anlagen vor solchen Ereignissen durch entsprechende Schutzmassnahmen geschützt werden können.

Zusätzlich zu den Analysen der Standorteigenschaften und des Gefährdungspotenzials waren in den Gesuchsunterlagen auch Angaben zu Projektorganisation und Qualitätsmanagement sowie zu den menschlichen und organisatorischen Aspekten im Hinblick auf Planung und Bau sowie den Betrieb der Kernkraftwerke gefordert.

Das ENSI hat geprüft, ob die Analysen, Nachweise und Konzepte vollständig, sachlich korrekt, nachvollziehbar und plausibel sind und ob sie dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen.

### 9.3 Ergebnisse der Überprüfung

Die Überprüfung der Sicherheitsberichte durch das ENSI hat gezeigt, dass die für das Rahmenbewilligungsgesuch erforderlichen Angaben der Gesuchsteller in allen drei Gesuchen weitgehend vollständig, in ausreichendem Detaillierungsgrad und sachlich korrekt vorhanden sind. Die Analysen und die Prüfergebnisse des ENSI bestätigen, dass alle drei vorgeschlagenen Standorte für einen Kernkraftwerksneubau geeignet sind.

In den Sicherheitsberichten haben die Gesuchsteller aufgezeigt, dass der Schutz der geplanten Kernkraftwerke und der Kernmaterialien vor Sabotage, gewaltsamen Einwirkungen oder Entwendung durch Sicherungsmassnahmen prinzipiell gewährleistet werden kann. Das ENSI stimmt dieser Einschätzung zu.

Die konzeptuellen Darlegungen der Gesuchsteller zur späteren Stilllegung der Anlagen werden vom ENSI als plausibel und bezüglich Detaillierungsgrad auf Stufe Rahmenbewilligung als ausreichend erachtet.

Das ENSI erachtet auch den erforderlichen Nachweis der Entsorgung als erbracht. Die Gesuchsteller haben aufgezeigt, dass die Arten und Mengen der anfallenden radioaktiven Abfälle die Grundlagen der bestehenden Bundesratsbeschlüsse zum Entsorgungsnachweis nicht in Frage stellen. Dies bedeutet, dass der für die Abfälle aus den bestehenden Kernkraftwerken erbrachte Entsorgungsnachweis aus Sicht des ENSI auch unter Berücksichtigung der radioaktiven Abfälle aus den ge-

planten neuen Kernkraftwerken Gültigkeit hat. Der Sachplan geologische Tiefenlager schliesst die bei Betrieb und Stilllegung von neuen Kernkraftwerken anfallenden Mengen an Abfällen ein. Die Vorschläge der Nagra für Standortgebiete berücksichtigen die dazu notwendigen Platzreserven im geologischen Untergrund.

In einigen Teilbereichen hat das ENSI festgestellt, dass noch weitergehende Untersuchungen durch die Gesuchsteller erforderlich sind. Dabei handelt es sich um die folgenden vier Punkte, die vom ENSI als Auflagen für die Rahmenbewilligung vorgeschlagen wurden und die alle drei Standorte betreffen:

**1. Ermittlung der Erdbebengefährdung:** Um die für die Bemessung der Gebäude und Anlagenteile massgebende Erdbebengefährdung möglichst genau bestimmen zu können, verlangt das ENSI, dass vertiefte standortspezifische Analysen durchgeführt werden. Zudem soll das Messnetz zur Erfassung von Mikrobeben um die Standorte erweitert werden.

**2. Strahlenexposition:** Die Strahlenexposition von Einzelpersonen in der Umgebung der Anlagen ist für die bestehenden Kernkraftwerke auf maximal 0,3 Millisievert pro Jahr limitiert. Dieser Wert beträgt weniger als ein Zehntel der durchschnittlichen jährlichen Strahlendosis von Personen der Schweizer Bevölkerung. Das ENSI schlägt dem Bundesrat als Bewilligungsinstanz vor, dass dieser Wert für den gesamten Standort angewendet wird, also auch dann, wenn mehrere Kernkraftwerke an einem Standort betrieben werden.

**3. Projektmanagement sowie menschliche und organisatorische Faktoren:** Aufgrund der Komplexität der Vorhaben verlangt das ENSI, dass die Gesuchsteller ein umfassendes Managementsystem etablieren, das den Anforderungen der Kernenergieverordnung und den Vorgaben der Internationalen Atomenergie-Organisation IAEA entspricht. Die frühzeitige Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren bei der Entwicklung der Anlagen erachtet das ENSI als wichtigen Beitrag zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit.

**4. Informationsschutz:** Der Informationsschutz im Bereich der nuklearen Sicherheit und der Sicherung ist aus Sicht des ENSI von grosser Bedeutung. Das ENSI verlangt deshalb, dass der Schutz klassifizierter Dokumente und der Umgang mit sensiblen Informationen frühzeitig sichergestellt werden. Zusätzlich zu den oben genannten Auflagen, die für alle drei Projekte gelten, schlägt das ENSI die

nachfolgend genannten standortspezifischen Auflagen vor:

**Ersatz Kernkraftwerk Beznau (EKKB):**

Der Standort des EKKB liegt auf der Insel Beznau in der Aare. Aufgrund dieser Insellage erachtet es das ENSI als wichtig, dass die Untersuchungen zur Überflutungssicherheit aller Kernanlagen auf der Insel noch vertieft werden und dass deren Ergebnisse spätestens bis zum Baubewilligungsgesuch nachgereicht werden. Der Hochwasserschutz für das EKKB kann zwar grundsätzlich durch bauliche und technische Massnahmen sichergestellt werden. Aber bauliche Massnahmen wie beispielsweise eine Terrinaufschüttung für das EKKB könnten Rückwirkungen auf die bereits bestehenden kern-technischen Anlagen haben. Aus Sicht des ENSI müssen diese möglichen Rückwirkungen noch genauer abgeklärt werden.

**Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg (EKKM):**

Der Standort Niederruntigen für das EKKM liegt im Bereich des Hügels «Runtigerain» und des nördlich vorgelagerten Hangfusses. Dies sind aus Sicht des ENSI potenzielle Rutschgebiete, die sicherheitsrelevante Einrichtungen des EKKM beeinträchtigen könnten. Die entsprechenden Untersuchungen der EKKM AG sind nach der Beurteilung des ENSI noch nicht ausreichend, um die Gefährdung des Standorts durch Hangrutschungen, Felssturz oder Steinschlag abschliessend beurteilen zu können. Ursache von Hanginstabilitäten können beispielsweise Erdbeben oder Starkniederschläge sein. Das ENSI verlangt, dass die diesbezüglichen Untersuchungen noch vertieft werden und dass deren Ergebnisse spätestens bis zum Baubewilligungsgesuch nachgereicht werden.

Neben den Auflagenvorschlägen hat das ENSI in den Gutachten zu den Rahmenbewilligungsgesuchen zusätzlich auch Hinweise formuliert. Diese

Hinweise haben nicht den Stellenwert von Auflagen, sie sind aber im Laufe der Bewilligungsverfahren vom Gesuchsteller zu beachten, und deren Erfüllung wird vom ENSI überprüft.

Zusammenfassend stellt das ENSI in den Gutachten fest, dass die Gesuchsteller nachvollziehbar dargelegt haben, dass der Schutz von Mensch und Umwelt vor radioaktiver Strahlung während der Betriebs- und Nachbetriebsphase der geplanten Kernkraftwerke sowie die Sicherung der Anlagen gewährleistet werden können, dass machbare Konzepte für die Stilllegung der Anlagen vorliegen und dass der Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle erbracht ist. Aus Sicht des ENSI sind damit die gemäss den Bestimmungen von Artikel 13 des Kernenergiegesetzes erforderlichen Voraussetzungen für die Erteilung der Rahmenbewilligung, soweit sie vom ENSI zu beurteilen waren, unter Berücksichtigung der formulierten Auflagenvorschläge erfüllt.

#### 9.4 Zweite Meinung zu den ENSI-Gutachten

Die eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit KNS hat in ihren Stellungnahmen zu den Gutachten Ende 2010 bestätigt, dass das ENSI die Gesuche der Projektanten einer umfangreichen und detaillierten sicherheitstechnischen Überprüfung unterzogen hat und dass alle relevanten Standorteigenschaften und standortspezifischen Gefährdungen angesprochen wurden. Die KNS kommt ebenfalls für alle Standorte zum Schluss, dass die gesetzlichen Vorgaben für den Schutz von Mensch und Umwelt durch ein Kernkraftwerk aktueller Bauart eingehalten werden können.





Montage von Versuchseinrichtungen im Felslabor Mont Terri.  
Foto: ENSI

## 10. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle

Gemäss Kernenergiegesetz besteht die Verpflichtung der Abfallverursacher, die anfallenden radioaktiven Abfälle sicher zu entsorgen. Die radioaktiven Abfälle sind in geologische Tiefenlager zu verbringen. Im Auftrag der Abfallverursacher ist die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) für die wissenschaftliche und technische Vorbereitung dieser Aufgabe, insbesondere für die Entwicklung von Projekten zur Tiefenlagerung und die entsprechende Standortsuche, verantwortlich. Das Entsorgungskonzept der Nagra umfasst zwei Tiefenlager, eines für schwach- und mittelaktive Abfälle und eines für hochaktive Abfälle. Die Standortsuche für die benötigten Tiefenlager erfolgt durch das im Sachplan geologische Tiefenlager definierte Verfahren (Kap. 10.1). Das von der Nagra vorgelegte Entsorgungsprogramm beschreibt den Realisierungsplan und die dafür notwendigen Schritte (Kap. 10.2). Der schweizerische Bundesrat verfügte, dass Hin-

weise und offene Fragen aus dem Entsorgungsnachweis von den Entsorgungspflichtigen systematisch erfasst werden und in einem Bericht darzulegen ist, wie diese im weiteren Vorgehen berücksichtigt werden (Kap. 10.3). Die für die Tiefenlagerung notwendigen Daten werden teilweise in Felslaboratorien ermittelt (Kap. 10.4). Die Verfolgung des Stands von Wissenschaft und Technik zu Tiefenlager-relevanten Prozessen wird durch die Mitarbeit in internationalen Programmen ergänzt (Kap. 10.5). Nachfolgend wird der Stand der Arbeiten zur geologischen Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle dargelegt.

### 10.1 Sachplan geologische Tiefenlager

Gegen Ende 2008 reichte die Nagra für die Etappe 1 des Sachplansverfahrens ihren Vorschlag geologischer Standortgebiete ein. Für das Lager für

schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) schlägt die Nagra sechs mögliche Standortgebiete vor, den Südranden (SH), das Zürcher Weinland (ZH), das Gebiet Nördlich Lägeren (AG und ZH), den Bözberg (AG), den Jura-Südfuss (AG und SO) und den Wellenberg (NW). Als Wirtgesteine werden der Opalinuston (Südranden, Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren, Bözberg, Jura-Südfuss), der «Braune Dogger» (Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren), die Effinger Schichten (Jura-Südfuss) und die helvetischen Mergel (Wellenberg) vorgeschlagen.

In seinem Gutachten zu den Standortvorschlägen der Nagra stimmte das ENSI nach vertiefter Prüfung der Unterlagen den sechs vorgeschlagenen geologischen Standortgebieten für das SMA-Lager (Südranden, Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren, Bözberg, Jura-Südfuss und Wellenberg) und den drei Standortgebieten (Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren und Bözberg) für das Lager für hochaktive Abfälle (HAA) aus Sicht von Sicherheit und technischer Machbarkeit zu. Auch die Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) und die Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) stimmten der Wahl der vorgeschlagenen Standortgebiete zu. Die Etappe 1 des Sachplanverfahrens wird mit einem Entscheid des schweizerischen Bundesrats abgeschlossen.

In Etappe 2 des Sachplanverfahrens muss die Nagra mindestens je zwei Standortvorschläge für das SMA- und das HAA-Lager vorlegen. Da in diesem Schritt die Anzahl der möglichen Standorte gegenüber Etappe 1 kleiner werden, ist es wichtig, transparent darzulegen, dass die Datenlage einen sicherheitstechnischen Vergleich ermöglicht. Der Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager sieht deshalb vor, dass im Hinblick auf die Etappe 2 die Entsorgungspflichtigen vorgängig mit dem ENSI abzuklären haben, ob der Kenntnisstand der Prozesse und sicherheitsrelevanten Parameter ausreicht, um in Etappe 2 provisorische Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich durchführen zu können. Das ENSI hat seine Anforderungen an die provisorischen Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich im Bericht ENSI 33/075 im April 2010 festgelegt. Die Nagra hat im November 2010 den entsprechenden Bericht zur Darlegung der Datenlage eingereicht (NTB 10-01).

Der Sachplan geologische Tiefenlager sieht für die Beantwortung sicherheitstechnischer Fragen das Technische Forum Sicherheit vor, das in Zusammenarbeit mit Vertretern der Kantone, der Standortregionen und Nachbarländer sowie Bundesbehörden

sicherheitsrelevante Fragen sammelt, beantwortet und diese Antworten der Öffentlichkeit zur Verfügung stellt. 2010 fanden vier Sitzungen statt. Von den bis Ende 2010 eingetroffenen 49 Fragen wurden 43 beantwortet. Fragen und Antworten sind unter [www.technischesforum.ch](http://www.technischesforum.ch) einsehbar.

In den behördlichen Gutachten und Stellungnahmen zum Vorschlag der Nagra in Etappe 1 des Sachplanverfahrens wurden speziell Fragen zum Kenntnisstand der Erosion in der Nordschweiz, der glazialen Tiefenerosion, zu den Lagerkonzepten und zum Gastransport in dichten Wirtgesteinen gestellt. Im Rahmen des Technischen Forums wurden deshalb spezifische Fachsitzungen zu diesen Themen durchgeführt, an denen der aktuelle Wissensstand dargelegt und diskutiert wurde. Die Protokolle dieser Fachsitzungen sind ebenfalls unter [www.technischesforum.ch](http://www.technischesforum.ch) einsehbar.

## 10.2 Entsorgungsprogramm

Die Kernenergieverordnung (KEV) legt in Art. 52 fest, dass die Entsorgungspflichtigen ein Entsorgungsprogramm vorlegen müssen. Darin haben sie Angaben zu machen über:

- die Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle,
- die benötigten geologischen Tiefenlager einschliesslich ihres Auslegungskonzepts,
- die Zuteilung der Abfälle zu den geologischen Tiefenlagern,
- den Realisierungsplan für die Erstellung der geologischen Tiefenlager,
- die Dauer und die benötigte Kapazität der zentralen und der dezentralen Zwischenlagerung,
- den Finanzplan für die Entsorgungsarbeiten bis zur Ausserbetriebnahme der Kernanlagen
- und das Informationskonzept.

Das Entsorgungsprogramm ist alle fünf Jahre anzupassen. Zuständig für die Überprüfung und für die Überwachung der Einhaltung des Programms sind das ENSI und das Bundesamt für Energie (BFE). Das BFE prüft den Finanzplan für die Entsorgungsarbeiten bis zur Ausserbetriebnahme der Kernanlagen sowie das Informationskonzept der Nagra. Die Unterlagen der Nagra (NTB 08-01) wurden mit den Standortvorschlägen für geologische Tiefenlager im Oktober 2008 eingereicht. Die Prüfung der Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle, der benötigten geologischen Tiefenlager einschliesslich ihres Auslegungskonzepts und der Zuteilung der Abfälle zu den geologischen

Tiefenlagern erfolgte im Rahmen der Prüfung der Standortvorschläge der Nagra. Das ENSI legte sein Schwergewicht bei der Prüfung des Entsorgungsprogramms auf den Realisierungsplan für die Erstellung der geologischen Tiefenlager. Die Angaben zur Dauer und der benötigten Kapazität der zentralen und der dezentralen Zwischenlagerung sind aus Sicht des ENSI nachvollziehbar. Das ENSI kam bei seiner Überprüfung des Entsorgungsprogramms zum Schluss, dass die Angaben der Nagra den in Art. 52 KEV festgelegten Anforderungen entsprechen. Für die Aktualisierung des Entsorgungsprogramms fordert das ENSI den Einbezug des Forschungsberichts der Nagra, um die Zweckmässigkeit der geplanten Forschungsaktivitäten hinsichtlich der Realisierung von Tiefenlagern überprüfen zu können.

### 10.3 Offene Fragen aus dem Entsorgungsnachweis

Der schweizerische Bundesrat verfügte im Juni 2006, dass der Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente (BE), verglaste hochaktive Abfälle (HAA) und langlebige mittelaktive Abfälle (LMA) erbracht worden ist. Er legte fest, dass die Kernkraftwerkgesellschaften gleichzeitig mit dem Entsorgungsprogramm nach Artikel 32 des Kernenergiegesetzes dem Bundesrat einen Bericht zu unterbreiten haben, der alle in den Gutachten und Stellungnahmen der damaligen HSK und KSA sowie KNE und der OECD/NEA-Experten enthaltenen offenen Fragen, Hinweise und Empfehlungen systematisch erfasst und aufzeigt, wie diese im weiteren Verfahren zeit- und sachgerecht beantwortet werden.

Die Nagra reichte im November 2008 im Auftrag der Kernkraftwerkgesellschaften den Bericht NTB 08-02 ein. Insgesamt legte die Nagra ihre Vorgehensweise zu rund 200 Empfehlungen dar. Diese Empfehlungen sind teilweise deckungsgleich und betreffen häufig gleiche Themenbereiche. Die Vorgehensweise der Nagra beim Umgang mit den Hinweisen und Empfehlungen umfasst:

- die Ausrichtung und den Inhalt zukünftiger Standortuntersuchungen im Zürcher Weinland, falls ein Tiefenlagerprojekt weiterverfolgt wird,
- die Vertiefung der Kenntnisse zur regionalen Geologie durch Weiterführung der regionalen Untersuchungen und Messungen (Geodäsie, Mikroseismik, etc.) sowie durch Beteiligung an Untersuchungen Dritter (insbesondere Bohrungen),



Nahaufnahme des Opalinustons im Mont Terri.  
Foto: ENSI

- die Weiterführung des Versuchsprogramms im Felslabor Mont Terri,
- die Verbesserung des Verständnisses für wichtige sicherheitsrelevante Prozesse durch Versuche in Felslabors, Weiterführung von Laborexperimenten und Auswertung neuer Daten aus Felduntersuchungen sowie Weiterentwicklung von Prozessmodellen,
- die Weiterentwicklung der Methodik der Sicherheitsanalysen (Szenarienanalyse, Codes zur Berechnung der Radionuklidfreisetzung, etc.),
- die gezielte Überprüfung bzw. Vertiefung von Informationen zum Abfallinventar,
- die Abklärung der Möglichkeiten zur Optimierung der Anlagenauslegung,
- weitere Abklärungen zur Auslegung der technischen Barrieren, Vertiefung der Kenntnisse zu Materialeigenschaften und deren zeitlichen Entwicklung,
- die Abklärung der Möglichkeiten zur Optimierung organisatorischer Aspekte.

Das ENSI kam bei seiner Überprüfung zum Schluss, dass die Nagra die Empfehlungen systematisch erfasst hat und aufzeigt, wie diese im weiteren Verfahren zeit- und sachgerecht beantwortet werden. Einige der Empfehlungen und Hinweise wurden in der Zwischenzeit bereits umgesetzt. Der Umgang mit den weiterhin bestehenden offenen Fragen, Hinweisen und Empfehlungen soll im Rahmen eines Berichts zu Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Nagra dokumentiert werden. Der Bericht soll künftig als Teil des Entsorgungsprogramms veröffentlicht werden.

## 10.4 Felslaboratorien

Die mit internationaler Beteiligung durchgeführten Forschungstätigkeiten der Nagra in den beiden Felslaboratorien Grimsel (Kristallingestein) und Mont Terri (Opalinuston) wurden 2010 weiter fortgesetzt. In diesen Felslaboratorien werden geotechnische und erdwissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt, die zur baulichen Auslegung von geologischen Tiefenlagern und zur Beurteilung der Sicherheit von Tiefenlagern wichtige Erkenntnisse liefern. Anhand von Demonstrationsversuchen werden ferner die Eigenschaften und das Verhalten technischer Barrieren (Bentonit, Zement, Stahlbehälter) untersucht.

Das ENSI beteiligt sich mit eigener Forschungstätigkeit im Felslabor Mont Terri, um seine Fachkompetenz zu erhalten und zu fördern. Der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten lag 2010 auf dem RC-Experiment, welches von der Ingenieurgeologie der ETH Zürich durchgeführt wird. Zielsetzung dieses vierjährigen Experiments ist einerseits die Untersuchung der durch den Bau der Galerie-2008 infolge von Spannungsumlagerungen induzierten Deformationen im Opalinuston. Andererseits geht es um die Erfassung der sehr langsam ablaufenden langfristigen Verformungen im Gebirge (Konvergenz, Kriechprozesse) mittels eines Bohrloch-Monitoring-Systems. Ergänzt werden diese Untersuchungen durch umfangreiche felsmechanische Laborversuche, mit welchen die felsmechanischen Kennwerte des Opalinustons ermittelt werden. Am RC-Experiment beteiligen sich neben dem ENSI und der ETH auch die deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR (Geophysik), der Erdölkonzern Chevron (Felsmechanik) und die swisstopo als Geoinformationszentrum des Bundes (Geodäsie). Neben dem RC-Experiment beteiligt sich das ENSI weiterhin an zwei kleineren Experimenten. In dem einen Expe-

riment wird das zyklische Austrocknungsverhalten der Stollenwand des Opalinustons in Abhängigkeit des Stollenklimas (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) untersucht. Mit dem anderen Experiment entwickelt und prüft das ENSI zusammen mit der swisstopo eine neue Methode der Durchlässigkeitsbestimmung in Bohrungen anhand von Verdunstungsmessungen.

## 10.5 Internationaler Wissenstransfer

Neben der Beteiligung des ENSI an der internationalen Forschung im Felslabor Mont Terri engagiert sich das ENSI im Rahmen internationaler Programme zur Entsorgung. Das 2009 gestartete vierjährige 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). 2010 wurden Vergleichsrechnungen von den teilnehmenden Gruppen durchgeführt. Dabei wurde der zweidimensionale Gastransport in einem generischen Tiefenlager modelliert. Der Vergleich der Ergebnisse zeigte, dass die Berechnungen des ENSI einem international hohen Standard entsprechen.

Die Mitarbeit in 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 Begutachtung im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager ein.

# 11. Anlagenübergreifende Themen

## 11.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management

### 11.1.1 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. Schwere Unfälle sind äusserst unwahrscheinlich und setzen den Ausfall zahlreicher Anlagenteile voraus. Erst ein schwerer Unfall kann (muss aber nicht notwendigerweise) dazu führen, dass grössere Mengen radioaktiver Stoffe in die Umgebung freigesetzt werden. Die PSA ist eine wichtige Methode zur laufenden Beurteilung und Verbesserung der Sicherheit von Kernanlagen.

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 ENSI-A06 (Anwendungen) festgehalten. Jeder Betreiber hat eine anlagenspezifische PSA entwickelt und aktualisiert diese regelmässig.

Im Jahr 2010 wurden im Wesentlichen folgende Arbeiten im Bereich PSA durchgeführt:

■ Im Zusammenhang mit der Stufe-1-PSA für den Stillstand hat das KKB die entsprechende Analyse

der menschlichen Zuverlässigkeit («Human Reliability Analysis», HRA) verbessert. Ferner arbeitet das KKB intensiv an der Aufdatierung der Beznau-PSA im Hinblick auf die nächste Periodische Sicherheitsüberprüfung.

■ Die Überprüfung der vom KKG im Rahmen der PSÜ 2008 eingereichten PSA führte zu weiteren Fragen, welche alle im Laufe des Berichtsjahres beantwortet wurden. Die Beurteilung der neuen KKG-PSA ist Gegenstand der ENSI-Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung. Bezüglich der Gefährdung des Standorts des KKG durch externe Überflutungen liegen neue Erkenntnisse vor, auf die KKG im Rahmen der PSA bereits eingegangen ist. Dabei weist das KKG ein sehr geringes Risiko durch externe Überflutung nach. Unabhängig davon hat das ENSI die verschärften Gefährdungsannahmen zum Anlass genommen, zu diesem Thema eine Inspektion durchzuführen. Die Ergebnisse der Inspektion haben eine Überprüfung des Konzepts zum Hochwasserschutz durch das KKG angestossen. Basierend darauf plant dieses nunmehr verschiedene administrative und technische Massnahmen, um den Hochwasserschutz weiter zu verbessern.

■ Im Jahr 2010 hat das KKL aufgrund verschiedener Forderungen die im Folgenden beschriebenen Arbeiten termingemäss durchgeführt:

■ Das KKL aktualisierte die thermohydraulischen Analysen, welche eine Grundlage der Modellierung der Unfallabläufe in der PSA bilden. Die umfangreiche Analyse ergab, dass kaum Änderungen am PSA-Modell vorgenommen werden müssen.

■ Insbesondere zur langfristigen Aufrechterhaltung der Druckentlastungsfunktion und zur Vermeidung von Hochdruckbedingungen bei einem schweren Unfall hat das KKL ein zusätzliches Notstromdieselaggregat angeschafft. Seit der Jahreshauptrevision 2010 ist es möglich, damit die elektrischen Divisionen 11 und 21 zu bespeisen.

Ferner hat das KKL aus eigenem Antrieb Verbesserungen des PSA-Modells initiiert, mit denen die Qualität und die Benutzerfreundlichkeit des Modells erhöht werden sollen.

■ Das KKM ist weiterhin daran, die gesamte PSA zu überarbeiten. Dies erfolgt insbesondere auf-

grund von Forderungen, die das ENSI im Rahmen der Stellungnahme zur PSÜ 2005 erhoben hatte. Ein Teil der Forderungen ist dadurch begründet, dass das ENSI im internationalen Vergleich hohe Qualitätsanforderungen an die PSA stellt. In der Vergangenheit beantragte das KKM wegen personeller Engpässe bei den beauftragten externen Experten und wegen zu optimistischer Planung Terminerstreckung. Im Jahr 2009 hatte das KKM einen Projektausschuss auf Management-Ebene gebildet, um auf solche terminlichen Probleme bei der Abarbeitung der PSA-Geschäfte schneller reagieren und entsprechende Prioritäten setzen zu können. Das Projekt ist im Jahr 2010 mit der nunmehr termingerechten Einreichung umfangreicher Unterlagen zu den mit hoher Priorität zu behandelnden PSÜ-Forderungen abgeschlossen worden. Dies betrifft folgende Bereiche:

- Eine verfeinerte probabilistische Brandanalyse.
- Eine überarbeitete Zuverlässigkeitsanalyse von Operateurhandlungen: Sie enthält nunmehr auch eine ausführliche Analyse des Einflusses von Bränden innerhalb der Anlage auf Operateurhandlungen.
- Eine neu erarbeitete, umfangreich dokumentierte Erdbeben-PSA: Sie enthält insbesondere neue probabilistische Festigkeitsrechnungen für verschiedene Gebäude und Komponenten sowie eine Untersuchung der Auswirkungen von Erdbeben auf Operateurhandlungen.
- Überarbeitung der Analyse interner Überflutungen für den Stillstand.

Die oben genannten Analysen stellen aus Sicht des ENSI eine deutliche Verbesserung der PSA dar. Sie sind Teil einer insgesamt überarbeiteten PSA, die im Zusammenhang mit der Periodischen Sicherheitsüberprüfung Ende 2010 dem ENSI eingereicht wurde. Das KKM weist mit dieser PSA nunmehr eine mittlere Kernschadenshäufigkeit von  $1,85 \cdot 10^{-5}$  pro Jahr aus. Die Beurteilung der neuen KKM-PSA ist Gegenstand der ENSI-Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung.

Gemäss den per Ende 2010 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.

### 11.1.2 Risikotechnische Beurteilung der Betriebserfahrung

Mit der Einführung der Richtlinien ENSI-B02 und ENSI-B03 erfolgt die probabilistische Bewertung

der Betriebserfahrung eines Kernkraftwerks auf zwei Arten: einerseits durch eine zusammenfassende Bewertung des gesamten Vorjahres (also 2009) 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 ENSI-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 Kraftwerkabschaltungen sowie von Komponentenunverfügbarkeiten infolge Instandsetzungen, Wartung oder Funktionstests auf das Risiko eines Kernschmelzunfalls ermittelt. Das ENSI erstellt zur Kontrolle anhand der Betreiberinformationen eigene Auswertungen und leitet daraus, falls notwendig, Forderungen ab. Für das Jahr 2009 lassen sich folgende, für alle Schweizer Kernkraftwerke gültige Aussagen zur probabilistischen Bewertung der Betriebserfahrung machen:

- Die vorliegenden Daten zeigen für das Jahr 2009 keine ausgeprägten Risikospitzen und das kumulative Risiko über dieses Zeitintervall blieb gering. Betrachtet man über mehrere Jahre hinweg die Risikospitzen oder das jährliche kumulative Risiko, so sind keine Trends erkennbar.
- Latente Fehler bleiben unentdeckt, bis die betroffene Komponente angefordert oder geprüft wird. Für das kumulative Risiko können sie wichtig sein, weil hier nicht nur die momentane Risikoerhöhung durch eine Komponentenunverfügbarkeit, sondern auch die Dauer der Unverfügbarkeit eine Rolle spielt. Die Beiträge der latenten Fehler zum kumulativen Risiko, welche sich im Jahr 2009 ergeben haben, waren gering.
- Zur Vermeidung von wartungsbedingten Risikospitzen hatte das ENSI vom KKB eine übergeordnete Regelung zur gleichzeitigen Wartung verschiedener Komponenten verlangt. Hierzu erstellte das KKB die Administrative Weisung «Sicherheitskriterien bei vorbeugender Instandhaltung», welche während des Berichtsjahres eingeführt wurde. Diese Weisung untersagt (über die Technische Spezifikation hinaus) die gleichzeitige vorbeugende Instandhaltung an bestimmten Komponenten und Systemen.
- Die Daten der probabilistischen Bewertung der Betriebserfahrung werden zudem genutzt, um

den Einfluss der Wartungsunverfügbarkeit auf das Risiko zu analysieren. Das wartungsbedingte inkrementelle kumulative Risiko wie auch die wartungsbedingten Risikospitzen waren bei allen Werken kleiner als die Planungswerte gemäss Richtlinie ENSI-A06.

Seit 2009 werden meldepflichtige Vorkommnisse gemäss der neuen 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 ENSI-A06 berechnet. Ein Vorkommnis wird anhand der  $ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$  einer der Stufen 0 bis 3 der internationalen Bewertungsskala für nukleare Ereignisse (INES) zugeordnet.

Den Richtlinien folgend bewerteten die Kernkraftwerksbetreiber im Jahr 2010 die entsprechenden Ereignisse. Alle von den Kernkraftwerksbetreibern im Jahr 2010 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 Einstufung auf der INES-Skala ( $ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$  kleiner als  $10^{-8}$ ) aufgrund der Risikobewertung.

### 11.1.3 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 Kenntnisstands 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 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. Im Jahr 2010 diskutierten die verschiedenen Expertengruppen des PRP den aktuellen Stand dieser Entwicklungen bei 20 Arbeitstreffen. Im weiteren Projektverlauf werden die Experten die verfügbaren Daten und die glaubwürdigen Interpretationen mit Gewichten bewerten. Mit den gewichteten Alternativen als Eingaben werden anschliessend die eigentlichen Gefährdungsberechnungen durchgeführt. Voraussichtlich wird das PRP auf Ende 2012 abgeschlossen werden können. Das Projekt wird vom ENSI mit einem Expertenteam kontinuierlich überprüft.

### 11.1.4 Severe Accident Management Guidance (SAMG)

SAMG (Severe Accident Management Guidance) sind in schriftlicher Form bereitgestellte, anlagen-spezifische Entscheidungshilfen zur Milderung der Auswirkungen eines schweren Unfalls, mit dem

Ziel, den Kernschmelzvorgang zu beenden oder zumindest die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung so gering als möglich zu halten. Für alle Schweizer Kernkraftwerke wurden SAMG entwickelt. Alle Betreiber haben auch ein Verfahren implementiert, das sicherstellt, dass die Erkenntnisse aus Notfallübungen und der Schwerunfallforschung zu entsprechenden Verbesserungen der SAMG führen. Im Jahr 2010 wurde beim KKL die Erweiterung der SAMG für den Betriebszustand Stillstand eingeführt. Ferner erstellte das KKL ein Leitschema der SAMG für den Leistungsbetrieb. Die Arbeiten erfolgten aufgrund einer Forderung aus der Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung und wurden dem ENSI termingemäß eingereicht.

### 11.1.5 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 (online): Das PI-Modul unterstützt den Picketingenieur (PI) des ENSI im Einsatzfall. Es liefert laufend Hinweise auf eine eventuelle Verletzung von Grenzwerten und 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 (online): Das Diagnosemodul interpretiert die ANPA-Werte und liefert Hinweise zu möglichen Ursachen eines Störfalls und zum Zustand wichtiger Anlagenteile.
- Simulationsmodul (offline): 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 (offline): 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.

Dem ENSI stehen die ersten drei genannten Module für alle fünf Schweizer Kernkraftwerke zur Verfügung, das STEP-Modul mittlerweile für deren vier.

Die erste ADAM-Version wurde vor über 10 Jahren eingesetzt. Seither wurde der Umfang von ADAM stark erweitert. Im Jahr 2010 wurde eine Überarbeitung des ADAM-Systems im Hinblick auf die zwischenzeitlich stark geänderte Programmierumgebung angestossen, die auch die Benutzerfreundlichkeit erhöhen soll. Dabei soll das STEP-Modul für alle beaufsichtigten Kernkraftwerke erweitert werden. Das bestehende ADAM-System stand für die Notfallorganisation im Betrachtungsjahr uneingeschränkt zur Verfügung.

### 11.2 Convention on Nuclear Safety

Die 60 Vertragsstaaten, die das internationale Übereinkommen über die nukleare Sicherheit (Convention on Nuclear Safety, CNS) bisher ratifiziert haben, mussten bis Ende September 2010 ihren Statusbericht beim Sekretariat der Internationalen Atomenergieagentur (IAEA) in Wien einreichen. Das ENSI hat seinen fünften Statusbericht zu diesem Übereinkommen fristgerecht überwiesen.

Ziel des Übereinkommens ist, in den Unterzeichnerstaaten ein hohes Mass an nuklearer Sicherheit zu erreichen und zu erhalten, um Mensch und Umwelt vor Strahlenschäden zu schützen und Unfälle in Kernkraftwerken mit Austritt von Radioaktivität zu vermeiden. Die Vertragspartner haben sich verpflichtet, die Grundsätze des Übereinkommens anzuwenden. Alle drei Jahre müssen die Vertragspartner in einem Bericht darlegen, wie sie die Verpflichtungen erfüllen.

Einer Verpflichtung des Übereinkommens ist das ENSI im Jahr 2009 nachgekommen: Mit der Selbstständigkeit der ehemaligen Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) zum heutigen auch formal unabhängigen ENSI. Die Schweiz wird die Ziele des Übereinkommens über die nukleare Sicherheit weiterverfolgen und auch künftig ihren Beitrag zur nuklearen Sicherheit leisten.

An einer internationalen Tagung im April 2011 in Wien wird die Erfüllung des Übereinkommens in den Vertragsstaaten wiederum überprüft. Dies erfolgt anhand der eingereichten Länderberichte.

# Anhang

Sicherheitsbewertung	103
Abbildung 1 ENSI-Sicherheitsbewertungs-Skala	106
Abbildung 2 Definition der ENSI-Kategorien G, N, V und A	108
Tabelle 1 Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke	109
Tabelle 2 Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2010	109
Tabelle 3 Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2010	110
Tabelle 4 Meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2010	110
Tabelle 5 Kollektivdosen in den schweizerischen KKW im Berichtsjahr	111
Tabelle 6a Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2010 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	112
Tabelle 6b Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2010 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	113
Tabelle 6c Fussnoten	114
Tabelle 7 Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten	115
Tabelle 8 Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI per 31.12.2010	116
Tabelle 9 Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG per 31.12.2010	116
Tabelle 10 Liste der schweizerischen Richtlinien	117
Figur 1 Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 2001–2010	123
Figur 2 Vorkommnisse 2001–2010	124
Figur 3 Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 2001–2010	125
Figur 4 Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 2001–2010	126
Figur 5 Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1978–2010	127
Figur 6 Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW	128
Figur 7a Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	129
Figur 7b Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	129
Verzeichnis der Abkürzungen	131



## 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 Ergebnisse der Zulassungsprüfungen, 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. **Auslegungsvorgaben**, 2. **Betriebsvorgaben**, 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 Auslegungstörfällen 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 Sicherheitsvor-

sorge – 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 Schutzzielen 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 Schutzzielerspektive. 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 Schutzzielerspektive 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 (Norma-

lität), 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 Schutzzielen zugeordnet, für die er von Bedeutung ist. Dadurch erscheinen manche Aspekte auf mehreren Sicherheitsebenen oder bei mehreren Schutzzielen. Ein Aspekt (zum Beispiel eine Komponente, ein Dokument, eine Person oder eine Handlung), der sich auf mehrere Sicher-

heitsebenen 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 Dichtigkeit 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 Jahr 2010 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 Information über das Betriebsgeschehen liefern, liegt der Erkenntnisgewinn der systematischen Sicherheitsbewertung vorerhand 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 2010 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 Gesamtbewertung 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. Diese vier Bereiche entsprechen den Spalten der Tabellendarstellung der Ergebnisse der Sicherheitsbewertung der einzelnen Kernkraftwerke (vgl. Kap. 1.8, 2.9, 3.9 und 4.8). Für diese Gesamtbewertung verwendet das ENSI für jeden einzelnen Bereich in absteigender Reihenfolge die Kategorien «hoch», «gut», «ausreichend» und «ungenügend».

## Abbildung 1

ENSI-Sicherheitsbewertungs-Skala  
basierend auf der Internationalen Ereignisskala INES

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

**Vorkommnisklassierungen:  
Radioaktive Abgaben  
an die Umwelt**

Teilskala 1

**Vorkommnisklassierungen:  
Strahlenexposition  
des Personals**

Teilskala 2

**Vorkommnisklassierungen:  
Gestaffelte Sicherheitsvorsorge**

Teilskala 3



\* nur anwendbar für Bewertungen, die sich auf radioaktive Abgaben an die Umwelt oder die Strahlenexposition des Personals beziehen

## Abbildung 2

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

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

**Tabelle 1**

Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermische Leistung [MW]	1130	1130	1097	3002	3600
Elektrische Bruttoleistung [MW]	380	380	390	1035	1220
Elektrische Nettoleistung [MW]	365	365	373	985	1165
Reaktortyp	Druck-wasser	Druck-wasser	Siede-wasser	Druck-wasser	Siede-wasser
Reaktorlieferant	Westing-house	Westing-house	GE	KWU	GE
Turbinenlieferant	BBC	BBC	BBC	KWU	BBC
Generatordaten [MVA]	2·228	2·228	2·214	1140	1318
Kühlung	Fluss-wasser	Fluss-wasser	Fluss-wasser	Kühlturm	Kühlturm
Kommerzielle Inbetriebnahme	1969	1971	1972	1979	1984

**Tabelle 2**

Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2010

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	8281	8866	8755	24532	26963
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	2674	2857	2'995	7974	8775
Abgegebene thermische Energie [GWh]	178,4	14,5	1,8	166,9	–
Zeitverfügbarkeit <sup>1</sup> [%]	83,9	89,8	93,3	93,8	87,2
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	16,1	10,2	6,5	6,6	13,4
Arbeitsausnutzung <sup>2</sup> [%]	83,8	89,4	91,1	93,4	86,2
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	0	0	0	0	0
Unvorhergesehenes Abfahren der Anlage	0	0	0	0	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen (>10% P <sub>N</sub> )	0	0	6	0	1

<sup>1</sup> Zeitverfügbarkeit (in %): Zeit, in der das Werk in Betrieb bzw. in betriebsbereitem Zustand ist.

<sup>2</sup> Arbeitsausnutzung (in %): Produzierte Energie, bezogen auf die Nennleistung und eine hundertprozentige Zeitverfügbarkeit.

**Tabelle 3**

Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2010 (in Klammern Werte von 2009)

	KKB 1 + 2	KKM	KKG	KKL
Reaktoroperateur	40 (38)	21 (25)	27 (25)	24 (24)
Schichtchef	24 (25)	14 (12)	20 (21)	19 (19)
Pikettingenieur	14 (13)	7 (7)	12 (13)	12 (12)
Strahlenschutzsachverständiger	6 (6)	4 (3)	4 (4)	3 (3)
Strahlenschutzfachkraft	7 (7)	6 (5)	6 (7)	10 (10)
Strahlenschutztechniker	4 (4)	7 (6)	5 (4)	5 (5)
Gesamtbelegschaft (Personen)	536 (525)	341 (340)	476 (478)	517 (497)

**Tabelle 4**

Meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2010

Datum	KKW	Vorkommnis	Einstufung INES
6.1.2010	KKL	Unbeabsichtigtes Einfahren Steuerstab 30-31	0
6.1.2010	KKM	Teils scram nach Fehler in der Turbinenregelung	0
25.1.2010	KKB2	Undichter Kühler in der Dampferzeugerabschlammung	0
18.2.2010	KKB	Hydro-Notstromschiene AN 10 im Inselbetrieb	0
23.3.2010	KKG	Falsche Einbaulage Kugelrückschlagventil im Nasslager	0
29.3.2010	KKB2	Ausfall einer Abblaseölpumpe	0
22.4.2010	KKL	Durchflussabweichung zwischen den Reaktorumwälzkreisläufen	0
23.4.2010	KKM	Befund an ausgebaute Reserve-Toruskühlpumpe	0
28.4.2010	KKB	Hydro-Notstromschiene AN10 im Inselbetrieb	0
29.4.2010	KKG	Manuelle Absenkung der Reaktorleistung	0
17.5.2010	KKG	Störung an Aktivitätsmessstelle im Fortluftkamin	0
23.5.2010	KKB1	Borsäureablagerungen an Regelstab-Antriebsstangengehäusen	0
10.6.2010	KKM	Befund an Abstandhaltern unbestrahlter Brennelemente	0
28.6.2010	KKG	Abschaltung der Ladebeckenlüftung	0
29.6.2010	KKB2	Hydro-Notstromschiene AN 20 im Inselbetrieb	0
2.7.2010	KKB1	Unterschreitung rechnerische Mindestwandstärke Frischdampf-Leitung	0
22.7.2010	KKB	Hydro-Notstromschiene AN10 im Inselbetrieb	0
26.7.2010	KKB1	Erhöhter Lithiumgehalt im Reaktorkühlsystem	0
28.7.2010	KKG	Störung der Gleichrichterüberwachung OFS61	0
16.8.2010	KKL	Nichtöffnen eines Explosionsventils des Vergiftungssystems bei Test	0

Fortsetzung Tabelle 4

Datum	KKW	Vorkommnis	Einstufung INES
24.8.2010	KKM	Fremdmaterialeintrag im Speisewassersystem	0
31.8.2010	KKL	Überschreitung der zulässigen Strahlendosis bei einem Mitarbeiter	2
8.9.2010	KKM	Nichtstart HD-Einspeisesystem 213 bei Test	0
13.9.2010	KKM	Ausfall einer Reaktorwärmepumpe mit Reduktion der Reaktorleistung	0
15.9.2010	KKM	Ausfall einer Reaktorwärmepumpe mit Reduktion der Reaktorleistung	0
15.9.2010	KKG	Nichtverfügbarkeit einer Gebäudeabschlussarmatur	0
17.9.2010	KKL	Ausfall einer Kondensatpumpe mit Reduktion der Reaktorleistung	0
22.9.2010	KKM	Ausfall einer Speisewasserpumpe mit Reduktion der Reaktorleistung	0
22.9.2010	KKM	Ausfall einer Reaktorwärmepumpe mit Reduktion der Reaktorleistung	0
29.9.2010	KKG	Ausfall einer Ölpumpe im Zusatzboriersystem	0
10.10.2010	KKG	Nichtverfügbarkeit Kühlwasserreinigung 2. Wasserfassung	0
13.10.2010	KKG	Störung der Gleichrichterüberwachung OFS61	0
3.11.2010	KKG	Ausfall eines rotierenden Umformers	0
3.11.2010	KKM	Ausfall einer Reaktorwärmepumpe mit Reduktion der Reaktorleistung	0
4.11.2010	KKM	Ausfall einer Reaktorwärmepumpe mit Reduktion der Reaktorleistung	0
25.11.2010	KKM	Befund an Armatur des Brennelementbecken-Kühl- und -Reinigungssystems	0
16.12.2010	KKM	Fehler im Kernüberwachungssystem	0
21.12.2010	KKL	Beschädigte Steuerstäbe vom Typ Marathon	0
21.12.2010	KKB	Korrosion an Abfallgebinden	0

Tabelle 5

Kollektivdosen in den schweizerischen KKW im Berichtsjahr  
(pro Werk in Pers.-mSv)

Aktionen	KKB1		KKB2		KKG		KKL		KKM	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
BE-Wechsel	109			194						
Revisionsstillstand		691	380		326	453	745	1313	862	736
Zwischenabstellung										
Leistungsbetrieb	74	63	67	60	122	142	321	259	346	370
Total	183	754	447	254	448	595	1066	1572	1208	1106

Tabelle 6a

Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2010 für die Kernkraftwerke und das Zentrale Zwischenlager Würenlingen und die daraus berechnete Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung.

Ort	Medium	Art der Abgaben <sup>4</sup>	Limiten <sup>1</sup>	Tatsächliche Abgaben <sup>2,4</sup>			Berechnete Jahresdosis <sup>3</sup>		
				Aequivalentabgaben		Bq pro Jahr	Erw. mSv/Jahr	10j Kind mSv/Jahr	1j Kind mSv/Jahr
Bq pro Jahr	Bq pro Jahr	Prozent der Limite							
KKB1 + KKB2	Abwasser 3700 m <sup>3</sup>	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 <sup>11</sup>	–	<0,1 %	3,5·10 <sup>8</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	7·10 <sup>13</sup>	8,5·10 <sup>12</sup>	12 %	8,5·10 <sup>12</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1·10 <sup>15</sup>	3,5·10 <sup>12</sup>	0,4 %	4,0·10 <sup>12</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	6·10 <sup>9</sup>	–	<0,1 %	3,0·10 <sup>5</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: <sup>131</sup> I Kohlenstoff: <sup>14</sup> C in CO <sub>2</sub>	4·10 <sup>9</sup> –	5,0·10 <sup>6</sup> –	0,13 % –	5,0·10 <sup>6</sup> 7,4·10 <sup>10</sup>	<0,001 0,0015	<0,001 0,002	<0,001 0,0034
Dosis total						<b>0,0016</b>	<b>0,0021</b>	<b>0,0035</b>	
KKM	Abwasser 5451 m <sup>3</sup>	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 <sup>11</sup>	5,8·10 <sup>8</sup>	0,15 %	5,9·10 <sup>9</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 <sup>13</sup>	2,4·10 <sup>11</sup>	1,2 %	2,4·10 <sup>11</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2·10 <sup>15</sup>	–	<0,1 %	7,0·10 <sup>10</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	2·10 <sup>10</sup>	–	<0,1 %	1,0·10 <sup>6</sup>	0,0031	0,003	0,0028
		Iod: <sup>131</sup> I Kohlenstoff: <sup>14</sup> C in CO <sub>2</sub>	2·10 <sup>10</sup> –	– –	<0,1 % –	6,1·10 <sup>6</sup> 3,9·10 <sup>11</sup>	<0,001 0,001	<0,001 0,0013	<0,001 0,0021
Dosis total						<b>0,004</b>	<b>0,0042</b>	<b>0,0049</b>	
KKG	Abwasser 7561 m <sup>3</sup>	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 <sup>11</sup>	–	<0,1 %	1,6·10 <sup>7</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	7·10 <sup>13</sup>	1,4·10 <sup>13</sup>	20 %	1,4·10 <sup>13</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1·10 <sup>15</sup>	<1,7·10 <sup>13</sup>	<1,7 %	<1,5·10 <sup>13</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	1·10 <sup>10</sup>	–	<0,1 %	1,2·10 <sup>5</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: <sup>131</sup> I Kohlenstoff: <sup>14</sup> C in CO <sub>2</sub>	7·10 <sup>9</sup> –	1,6·10 <sup>8</sup> –	2,3 % –	1,6·10 <sup>8</sup> 9,2·10 <sup>10</sup>	<0,001 <0,001	<0,001 <0,001	<0,001 0,001
Dosis total						<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,0013</b>	
KKL	Abwasser 14713 m <sup>3</sup>	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 <sup>11</sup>	–	<0,1 %	2,2·10 <sup>8</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 <sup>13</sup>	4,1·10 <sup>12</sup>	21 %	4,1·10 <sup>12</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2·10 <sup>15</sup>	–	<0,1 %	4,6·10 <sup>10</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	2·10 <sup>10</sup>	–	<0,1 %	8,9·10 <sup>6</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: <sup>131</sup> I Kohlenstoff: <sup>14</sup> C in CO <sub>2</sub>	2·10 <sup>10</sup> –	5,6·10 <sup>7</sup> –	0,3 % –	5,6·10 <sup>7</sup> 5,6·10 <sup>11</sup>	<0,001 0,0021	<0,001 0,0028	<0,001 0,0047
Dosis total						<b>0,0022</b>	<b>0,0029</b>	<b>0,0048</b>	
ZZL	Abwasser 526 m <sup>3</sup>	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 <sup>11</sup>	2,7·10 <sup>8</sup>	0,14 %	1,1·10 <sup>9</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	–	–	–	2,2·10 <sup>11</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	β-/γ-Aerosole	1·10 <sup>9</sup>	–	<0,1 %	1,7·10 <sup>4</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		α-Aerosole	3·10 <sup>7</sup>	–	<0,1 %	1,7·10 <sup>4</sup>	<0,001	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: <sup>14</sup> C in CO <sub>2</sub> Tritium	1·10 <sup>12</sup> 1·10 <sup>14</sup>	– –	<0,1 % <0,1 %	1,2·10 <sup>8</sup> 9,2·10 <sup>10</sup>	<0,001 <0,001	<0,001 <0,001	<0,001 <0,001
Dosis total						<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	

**Tabelle 6b**

Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2010 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung.

	PSI Ost						PSI West			Gesamtanlage des PSI <sup>2,4</sup>		
	Hochkamin	Saphir, Proteus	Forschungslabor	Betriebs-Gebäude radioaktive Abfälle	Bundes-zwischen-lager	Zentrale Fortluftanlagen	Injektor II	C-Labor	Abwasser 1348 m <sup>3</sup>	Abluft	Aequivalent-abgaben	
<b>Abgaben im Abwasser<sup>2,4</sup> [Bq/a]</b> Nuklidgemisch ohne Tritium Tritium	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	6,7·10 <sup>7</sup> 7,0·10 <sup>10</sup>	- -	5,2·10 <sup>6</sup> -	
<b>Abgaben über die Abluft<sup>2,4</sup> [Bq/a]</b> Edelgase und andere Gase β/γ-Aerosole <sup>4</sup> , ohne Iod α-Aerosole Iod (Summe aller Isotope) Tritium als HTO Kohlenstoff: <sup>14</sup> C in CO <sub>2</sub>	2,5·10 <sup>12</sup> 6,6·10 <sup>5</sup> - 9,8·10 <sup>7</sup> 4,4·10 <sup>10</sup> -	- - - - 1,5·10 <sup>7</sup> -	- - - - - -	- - - 3,4·10 <sup>3</sup> 1,1·10 <sup>10</sup> -	- 6,2·10 <sup>4</sup> - - 1,4·10 <sup>10</sup> -	1,7·10 <sup>14</sup> 2,2·10 <sup>10</sup> - 4,0·10 <sup>7</sup> 1,1·10 <sup>12</sup> -	8,5·10 <sup>10</sup> 3,5·10 <sup>6</sup> - - - -	- 4,7·10 <sup>3</sup> - - - -	- - - - - -	1,7·10 <sup>14</sup> 2,2·10 <sup>10</sup> - - 1,4·10 <sup>8</sup> 1,2·10 <sup>12</sup> -	3,6·10 <sup>14</sup> - - - 7,7·10 <sup>7</sup> - -	
<b>Jahresdosis<sup>3</sup> [mSv/Jahr] für:</b> Erwachsene Kind 10j Kleinkinder	<0,00015 <0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015 <0,00015	0,0055 0,0056 0,0056	<0,00015 <0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015 <0,00015	<0,0060 <0,0060 <0,0060	
<b>Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert<sup>1</sup></b>	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	3,7 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	<4,0 %	

Tabelle 6c (Fussnoten)

- 1 **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.
- 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 Kernkraftwerks resp. des ZZL oder PSI. Die Messgenauigkeit beträgt ca.  $\pm 50\%$ . Abgaben unterhalb 0,1% der Jahresabgabelimite werden vom ENSI als nicht-relevant betrachtet.
- 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 Bei der **Art der Abgaben** resp. den **Tatsächlichen 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 einer weiteren Spalte 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/m<sup>3</sup> angegeben. Die CA-Werte für die Edelgasnuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein CA-Wert von  $2 \cdot 10^5$  Bq/m<sup>3</sup> entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Immersions-Dosisfaktor von  $4.4 \cdot 10^{-7}$  (Sv/Jahr)/(Bq/m<sup>3</sup>). Die unnormierte Summe der Edelgasabgaben ist in einer weiteren Spalte angegeben.

Beim KKG wird für die Bilanzierung der Edelgase eine  $\beta$ -total-Messung durchgeführt; für die Äquivalent-Umrechnung wurde in diesem Fall ein Gemisch von 80% <sup>133</sup>Xe, 10% <sup>135</sup>Xe und 10% <sup>88</sup>Kr angenommen.

**Gase:** Beim PSI handelt es sich dabei vorwiegend um die Nuklide <sup>11</sup>C, <sup>13</sup>N, <sup>15</sup>O und <sup>41</sup>Ar. 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/m<sup>3</sup> normierten 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 dem gegenüber vernachlässigbar und liegt in der Grössenordnung der anderen schweizerischen Kernkraftwerke.

**Iod:** Bei den Kernkraftwerken ist die Abgabe von <sup>131</sup>I limitiert; somit ist bei den tatsächlichen Abgaben auch 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 Gesamtabgabe wird zudem auch ein <sup>131</sup>Iod-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 <sup>131</sup>I 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 <sup>133</sup>I berücksichtigt.

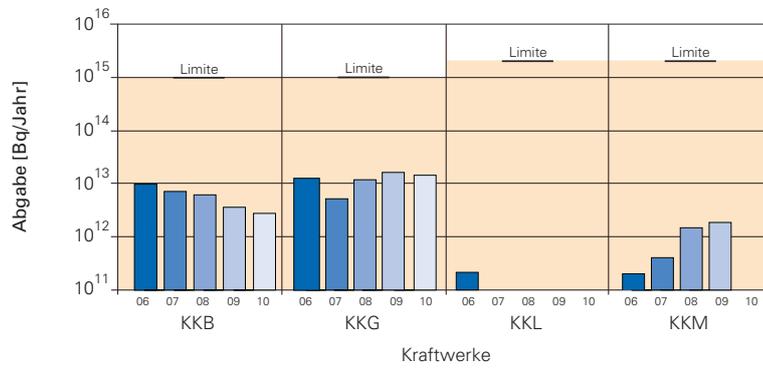
**Kohlenstoff <sup>14</sup>C:** In den Tabellen ist der als Kohlendioxid vorliegende Anteil des <sup>14</sup>C, der für die Dosis relevante ist, angegeben. Die für <sup>14</sup>C angegebenen Werte basieren bei allen Werken auf aktuellen Messungen.

**Tabelle 7**

Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten

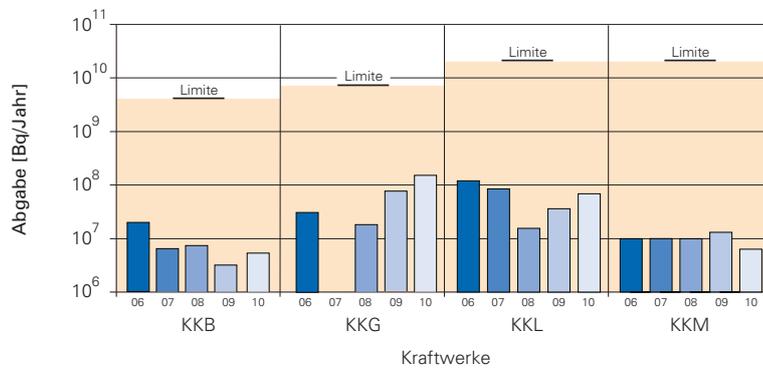
**Abluft**

Edelgase



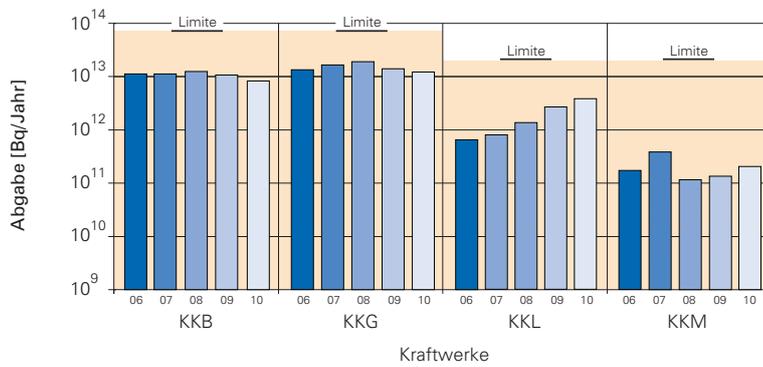
**Abluft**

Iod



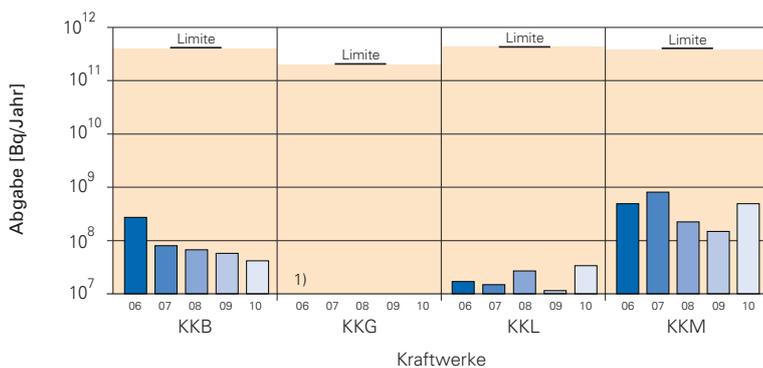
**Abwasser**

Tritium im Abwasser



**Abwasser**

ohne Tritium



1) Werte liegen unterhalb des untern Grafik-Bereichs

**Tabelle 8**

Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI per 31.12.2010  
(inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung), Bruttovolumina gerundet in m<sup>3</sup>

	unkonditioniert			konditioniert		
	Anfall	Auslagerung <sup>1</sup>	Bestand	Produktion	Auslagerung <sup>2</sup>	Bestand
PSI	46	12	429	27	-	1486 <sup>3</sup> +5 <sup>4</sup>
KKB	44	105	109	11	-	1138
KKM	43	66	77	18	-	852
KKG	14	14	45	7	-	219
KKL	53	54	13	28	-	1230
Total	200	251	673	91	-	4930

- <sup>1</sup> Bruttovolumen der im Berichtsjahr zur ZWILAG transferierten Abfälle für die Behandlung in der Plasma-Anlage und der Konditionierungsanlage.  
<sup>2</sup> Transfer konditionierter Abfälle zur Zwischenlagerung bei der ZWILAG.  
<sup>3</sup> Hierin enthalten sind die 113 mittels der Plasma-Anlage produzierten PSI-Gebinde (25 m<sup>3</sup>), die 2010 ins BZL überführt wurden.  
<sup>4</sup> 21+1 Gebinde von KKB am PSI zur Sanierung.

**Tabelle 9**

Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG per 31.12.2010

	unkonditioniert			konditioniert		
	Anfall	Annahme		Bestand	Produktion	
	zur Kond.	zur Triage <sup>2</sup>				
Verarbeitung [m <sup>3</sup> ]	90 <sup>1</sup>	251	48	286 <sup>3</sup>	101	
Bestand (konditionierte Abfälle)				Einlagerung	Auslagerung	Bestand
Bruttovolumen konditionierter Abfälle <sup>4</sup> [m <sup>3</sup> ]				122	25	1375
Anzahl Behälter mit Brennelementen				1		26
Anzahl Behälter mit Glaskokillen				-		8
Anzahl Behälter mit Lucens-Abfällen				-		6

- <sup>1</sup> Hierin enthalten sind:  
 – Sekundärabfälle aus allen Betriebsbereichen der Zwiilag  
 – Im Werksauftrag entstandene, zu verarbeitende Abfälle.  
<sup>2</sup> Nur teilweise radioaktiver Abfall.  
<sup>3</sup> Hierin enthalten sind 38 Gebinde (8 m<sup>3</sup>) mit leicht angereichertem uranhaltigem Material aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens.  
<sup>4</sup> Alle Lagerteile der Zwiilag, ausgenommen sep. aufgeführtem Bestand des HAA-Lagers.

## Tabelle 10

Liste der schweizerischen Richtlinien

Hinweis: alle Richtlinien sind zusätzlich auch unter [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch) abrufbar

**Fett gedruckte Richtlinien sind in Kraft resp. übersetzt worden.**

**Bold printed titles are existing/have been translated.** (English is not an official language of the Swiss Confederation. English translation is provided for information purposes only and has no legal force.)

(Stand Dezember 2010)

### G-Richtlinien (Generelle Richtlinien)

Nr.	Arbeitstitel/definitiver Titel	Datum der gültigen Ausgabe/ issue date
G01a	Sicherheitstechnische Klassierung für bestehende Kernkraftwerke Safety classification for existing power plants	
G01n	Sicherheitstechnische Klassierung für neue Kernkraftwerke Safety classification for new nuclear power plants	
G02	Spezifische Auslegungsgrundsätze für neue Kernkraftwerke mit Leichtwasser-Reaktoren Specific design principles for new nuclear power plants with light-water reactors	
<b>G03</b>	<b>Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis</b> <b>Specific design principles for deep geological repositories and requirements for the safety case</b>	<b>2009/4</b>
<b>G04</b>	<b>Auslegung und Betrieb von Lagern für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente</b> Requirements for storage of radioactive waste and spent fuel	<b>2010/9</b>
<b>G05</b>	<b>Transport- und Lagerbehälter für die Zwischenlagerung</b> Transport and storage containers for interim storage	<b>2008/4</b>
G06	Anforderungen an die Baudokumentation Requirements for construction and technical equipment documentation	
<b>G07</b>	<b>Organisation von Kernanlagen</b> <b>Organisation des installations nucléaires</b> Organisation of nuclear Installations	<b>2008/4</b>
G08	Anforderungen an die systematischen Sicherheitsbewertungen Requirements for the systematic safety assessments	
G09	Betriebsdokumentation Operation documentation	
<b>G11</b>	<b>Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Planung, Herstellung und Montage</b> Safety-classified vessels and piping: Planning, manufacturing and installation	<b>2010/5 (2009/2)</b>
G12	Festlegungen von baulichen und organisatorischen Strahlenschutz-Massnahmen für den überwachten Bereich von Kernanlagen Determinations for structural and organisational measures in radiation protection for controlled areas of nuclear installations	

G-Richtlinien (Generelle Richtlinien) Fortsetzung

Nr.	Arbeitstitel/definitiver Titel	Datum der gültigen Ausgabe/ issue date
G13	<p><b>Strahlenschutzmessmittel in Kernanlagen: Konzepte, Anforderungen und Prüfungen</b></p> <p><b>Instruments de mesure en radioprotection: Concepts, exigences et contrôles</b></p> <p>Radiation protection measuring devices in nuclear installations: Concepts, requirements and testing</p>	2008/2
G14	<p><b>Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen</b></p> <p><b>Calcul de l'exposition aux radiations ionisantes dans l'environnement due à l'émission de substances radioactives par les installations nucléaires</b></p> <p>Calculation of radiation exposure in the vicinity due to emission of radioactive substances from nuclear installations</p>	2009/12 (2008/2)
G15	<p><b>Strahlenschutzziele für Kernanlagen</b></p> <p>Radiation protection objectives for nuclear installations in normal operation</p>	2010/11
G16	<p>Sicherheitstechnisch klassierte Leittechnik: Auslegung und Anwendung</p> <p>Instrumentation and control classified as important to safety: Design and application</p>	

## A-Richtlinien (Richtlinien für Anlagebegutachtung)

Nr.	Arbeitstitel/definitiver Titel	Datum der gültigen Ausgabe/ issue date
A01	<b>Anforderungen an die deterministische Störfallanalyse für Kernanlagen: Umfang, Methodik und Randbedingungen der technischen Störfallanalyse</b> Requirements for deterministic accident analysis for nuclear installations: Extent, methodology and boundary conditions for technical accident analysis	2009/7
A02	Gesuchsunterlagen für die Bau- und Betriebsbewilligung und der damit verbundenen Freigaben Application documents for the construction and the operating licence and associated permits	
A03	Anforderungen an die Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken Requirements for periodic safety review for nuclear power plants	
A04	<b>Gesuchsunterlagen für freigabepflichtige Änderungen an Kernanlagen</b> Application documents for modifications in nuclear power plants requiring a permit	2009/9 (2008/7)
A05	<b>Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Umfang und Qualität</b> <b>Probabilistic Safety Analysis (PSA): Quality and Scope</b>	2009/1
A06	<b>Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Anwendungen</b> <b>Probabilistic Safety Analysis (PSA): Applications</b>	2008/5
A07	Methodik und Randbedingungen für die Störfallanalyse von Kernanlagen mit geringem Gefährdungspotenzial Methodology and boundary conditions for accident analysis in nuclear installations with low hazard potential	
A08	<b>Quelltermanalyse: Umfang, Methodik und Randbedingungen</b> Analysis of source terms: Extent, methodology and boundary conditions	2010/2

## B-Richtlinien (Richtlinien für Betriebsüberwachung)

Nr.	Arbeitstitel/definitiver Titel	Datum der gültigen Ausgabe/ issue date
B01	Alterungsüberwachung Ageing management	
<b>B02</b>	<b>Periodische Berichterstattung der Kernanlagen</b> Periodical reporting for nuclear installations	<b>2010/2/ (2008/12, 2008/9)</b>
<b>B03</b>	<b>Meldungen der Kernanlagen</b> Reports for nuclear installations	<b>2008/12 (2008/9)</b>
<b>B04</b>	<b>Freimessung von Materialien und Bereichen aus kontrollierten Zonen</b> <b>Mesurage de libération de matériaux et de secteurs de zones contrôlées</b> Clearance of materials and areas from controlled zones	2009/8
<b>B05</b>	<b>Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle</b> Requirements for conditioning of radioactive waste	2007/2
<b>B06</b>	<b>Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Instandhaltung</b> Safety-related classified vessels and piping: maintenance	<b>2010/5 (2009/4)</b>
<b>B07</b>	<b>Sicherheitstechnische klassierte Behälter und Rohrleitungen: Qualifizierung der zerstörungsfreien Prüfungen</b> Safety-related classified vessels and piping: Qualification of non-destructive testing	2008/9
B08	Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Zerstörungsfreie Wiederholungsprüfungen Safety-related classified vessels and piping: non-destructive in-service inspections	
B09	Erfassung und Meldung der Dosen des strahlenexponierten Personals in Kernanlagen Collecting and reporting of doses of personnel exposed to radiation in nuclear installations	
<b>B10</b>	<b>Ausbildung, Wiederholungsschulung und Weiterbildung von Personal</b> Initial training, recurrent training and continuing education	<b>2010/10</b>
<b>B11</b>	<b>Notfallübungen</b> <b>Exercices d'urgence</b> Emergency exercises	<b>2007/11</b>
<b>B12</b>	<b>Notfallschutz in Kernanlagen</b> <b>Protection en cas d'urgence dans les installations nucléaires</b> Emergency preparedness in nuclear installations	<b>2009/4</b>
<b>B13</b>	<b>Ausbildung und Fortbildung des Strahlenschutzpersonals</b> Approval of radiation protection training and further education	<b>2010/11</b>
B14	<b>Instandhaltung sicherheitstechnisch klassierter elektrischer und leittechnischer Ausrüstungen</b> Maintenance of electrical and instrumentation and control equipment classified as important to safety	<b>2010/12</b>

R-Richtlinien (von der früheren Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen HSK verabschiedet)

Nr.	Arbeitstitel/definitiver Titel	Datum der gültigen Ausgabe/ issue date
R-4	<b>Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken, Projektierung von Bauwerken</b> Supervisory procedures for the construction of nuclear power plants, project engineering of structures	1990/12
R-6	<b>Sicherheitstechnische Klassierung, Klassengrenzen und Bauvorschriften für Ausrüstungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren</b> Safety-related classification, classification limits and procedures for construction of equipment in nuclear power plants with light-water reactors	1985/5
R-7	<b>Richtlinien für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts</b> Guideline for the area of radiation protection of the nuclear installations and the Paul Scherrer Institute	1995/6
R-8	<b>Sicherheit der Bauwerke für Kernanlagen, Prüfverfahren des Bundes für die Bauausführung</b> Structural safety for nuclear power plants, Swiss Federal supervising procedures for construction work	1976/5
R-11	<b>Strahlenschutzziele im Normalbetrieb von Kernanlagen</b> <b>Objectifs de la protection des personnes contre les radiations ionisantes dans la zone d'influence des centrales nucléaires</b> <b>Aims in radiation protection for normal operation of nuclear installations</b>	2003/5
R-12	<b>Erfassung und Meldung der Dosen des strahlenexponierten Personals der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts</b> Collecting and reporting of doses of personnel exposed to radiation in nuclear installations and the Paul Scherrer Institute	1997/10
R-16	<b>Seismische Anlageninstrumentierung</b> Seismic installation instrumentation	1980/2
R-23	<b>Revisionen, Prüfungen, Ersatz, Reparaturen und Änderungen an elektrischen Ausrüstungen in Kernkraftwerken</b> Maintenance, inspections, replacements, repair and modification of electrical equipment in nuclear installations	2003/1
R-27	<b>Auswahl, Ausbildung und Prüfung des lizenzpflichtigen Betriebspersonals von Kernkraftwerken</b> Selection, training and examination of operational staff requiring a licence in nuclear power plants	1992/5
R-30	<b>Aufsichtsverfahren beim Bau und Betrieb von Kernanlagen</b> Supervisory procedures for construction and operation of nuclear installations	1992/7
R-31	<b>Aufsichtsverfahren beim Bau und dem Nachrüsten von Kernkraftwerken, 1E klassierte elektrische Ausrüstungen</b> Supervisory procedures for construction and backfitting of nuclear power plants, 1E classified electrical equipments	2003/10
R-35	<b>Aufsichtsverfahren bei Bau und Änderungen von Kernkraftwerken, Systemtechnik</b> Supervisory procedures for construction and modification of nuclear power plants, systems technology	1996/5

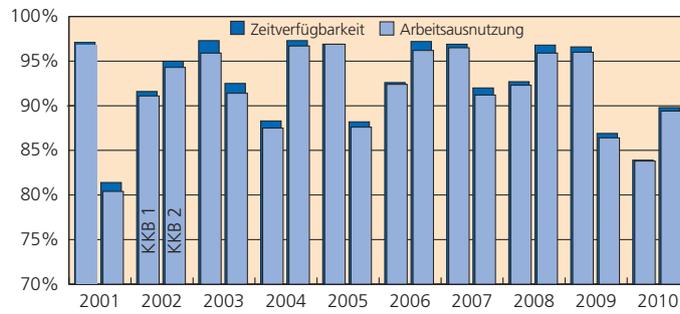
R-Richtlinien (von der früheren Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen HSK verabschiedet) Fortsetzung

Nr.	Arbeitstitel/definitiver Titel	Datum der gültigen Ausgabe/ issue date
R-37	<b>Anerkennung von Strahlenschutz-Ausbildungen und -Fortbildungen im Aufsichtsbereich der HSK</b> Acknowledgement of radiation training and further education in the supervising area of HSK	2001/7
R-39	<b>Erfassung der Strahlenquellen und Werkstoffprüfer im Kernanlagenareal</b> Collecting data of radiation sources and material testers in nuclear installations	1990/1
R-40	<b>Gefilterte Druckentlastung für den Sicherheitsbehälter von Leichtwasserreaktoren, Anforderungen für die Auslegung</b> Filtered containment venting of light-water reactors. Design requirements	1993/3
R-46	<b>Anforderungen für die Anwendung von sicherheitsrelevanter rechnerbasierter Leittechnik in Kernkraftwerken</b> Requirements for the application of computer-based instrumentation and control important to safety in nuclear power plants	2005/4
R-48	<b>Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken</b> Periodic safety review of nuclear power plants	2001/11
R-49	<b>Sicherheitstechnische Anforderungen an die Sicherung von Kernanlagen</b> Requirements important to safety for security of nuclear installations	2003/12
R-50	<b>Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen</b> Requirements important to safety for fire protection in nuclear installations	2003/3
R-51	<b>Alterungsüberwachung für mechanische und elektrische Ausrüstungen sowie Bauwerke in Kernanlagen</b> Ageing management for mechanical and electrical equipment and structures in nuclear installations	2004/11
R-60	<b>Überprüfung der Brennelementherstellung</b> Supervision of fuel element production	2003/3
R-61	<b>Aufsicht beim Einsatz von Brennelementen und Steuerstäben in Leichtwasserreaktoren</b> Supervisory procedures when using nuclear fuel and control-rods in light-water reactors	2004/6
R-101	<b>Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasser-Reaktoren</b> Design criteria for safety systems of nuclear power plants with light-water reactors	1987/5
R-102	<b>Auslegungskriterien für den Schutz von sicherheitsrelevanten Ausrüstungen in Kernkraftwerken gegen die Folgen von Flugzeugabsturz</b> Design criteria for the protection of safety equipment in nuclear power stations against the consequences of airplane crash	1986/12
R-103	<b>Anlageninterne Massnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle</b> On-site severe accident measures	1989/11

**Figur 1**

Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 2001–2010

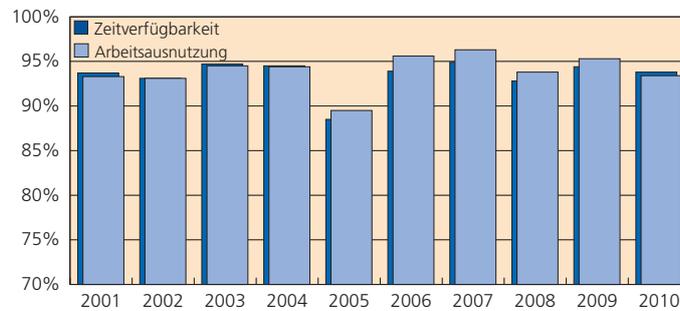
**KKB 1, 2**



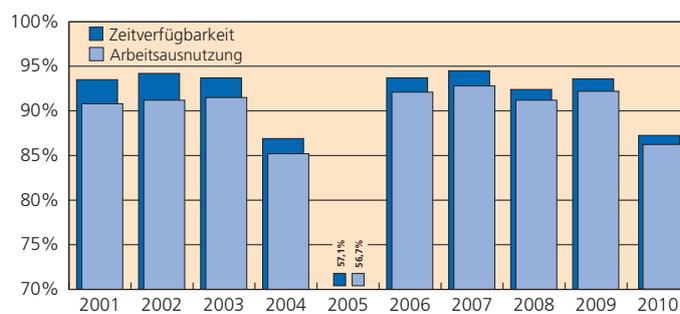
**KKM**



**KKG**



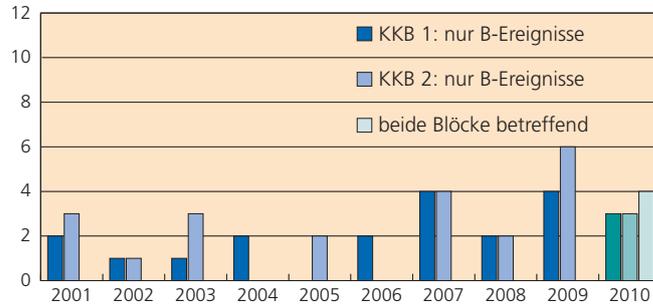
**KKL**



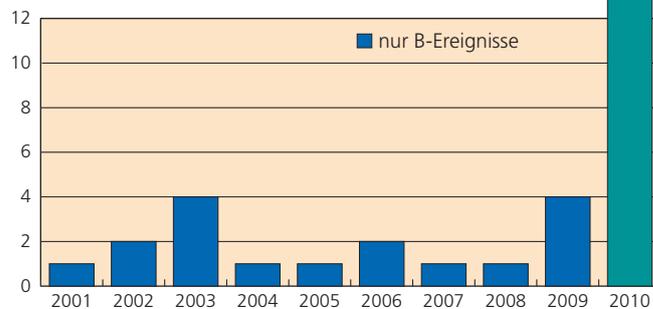
**Figur 2**

Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse, 2001–2008 sowie meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2009/2010. Aufgrund der geänderten Meldekriterien können die Zahlen vor 2009 nicht mit denjenigen ab 2009 verglichen werden.

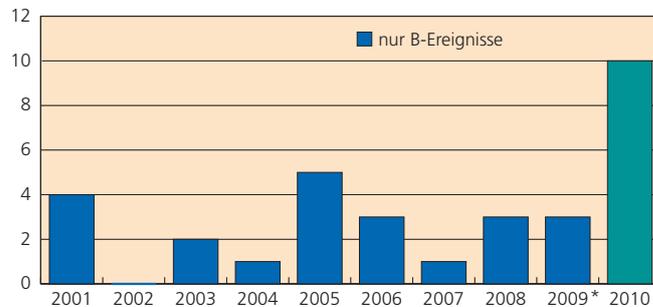
**KKB 1, 2**



**KKM**

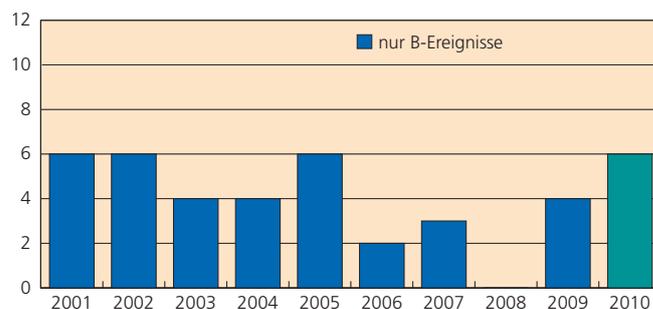


**KKG**



\* inkl. das im März gemeldete Vorkommnis von 2008

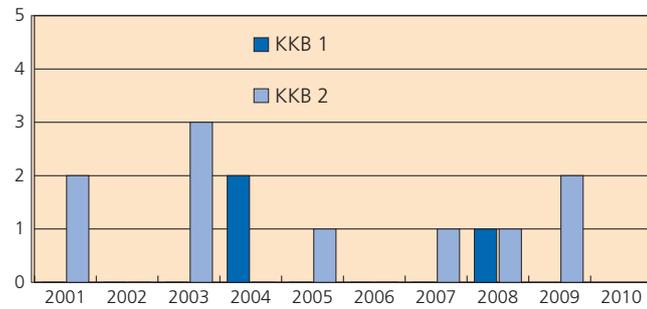
**KKL**



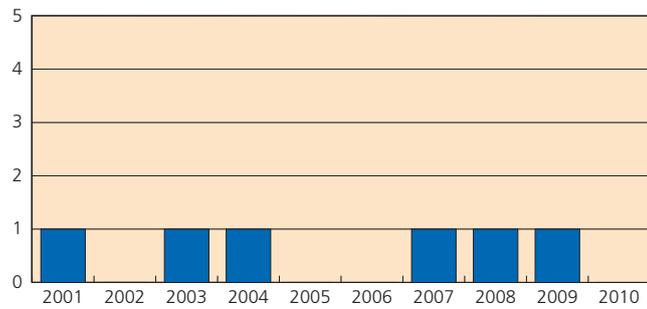
### Figur 3

Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 2001–2010

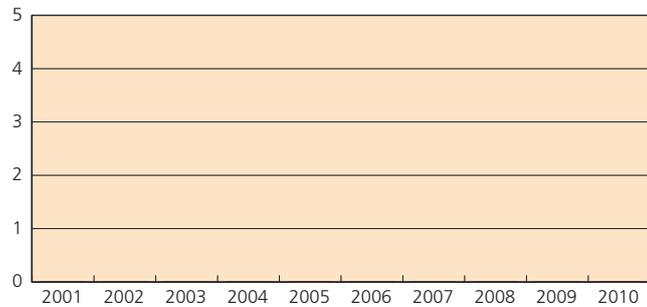
#### KKB 1, 2



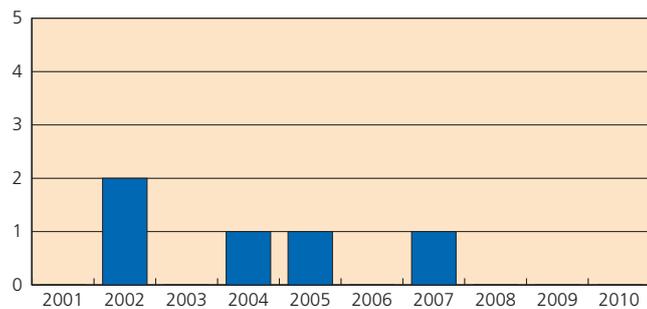
#### KKM



#### KKG



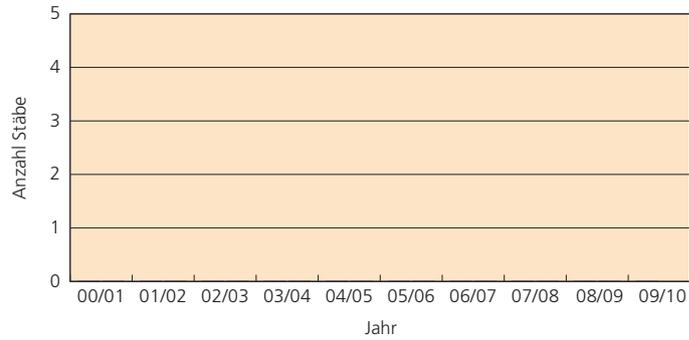
#### KKL



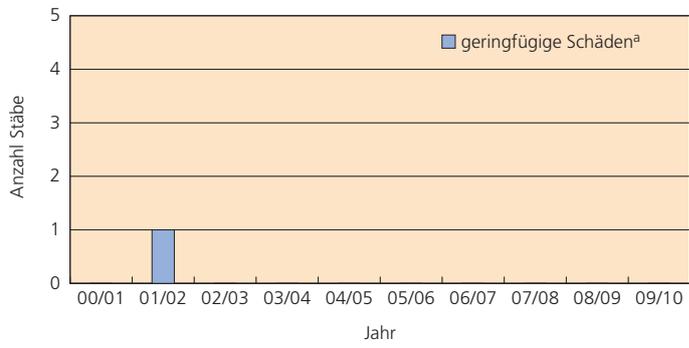
**Figur 4**

Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 2001–2010

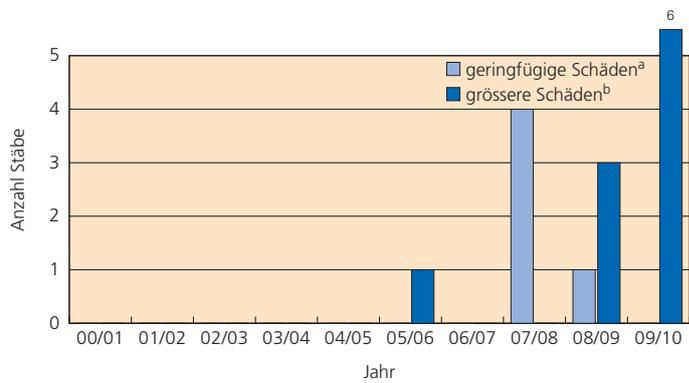
**KKB 1, 2**



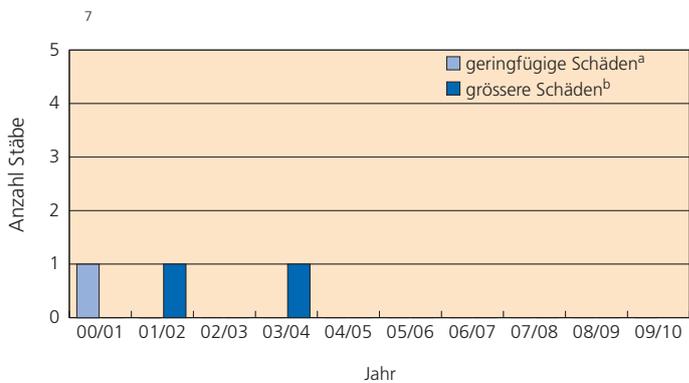
**KKM**



**KKG**



**KKL**

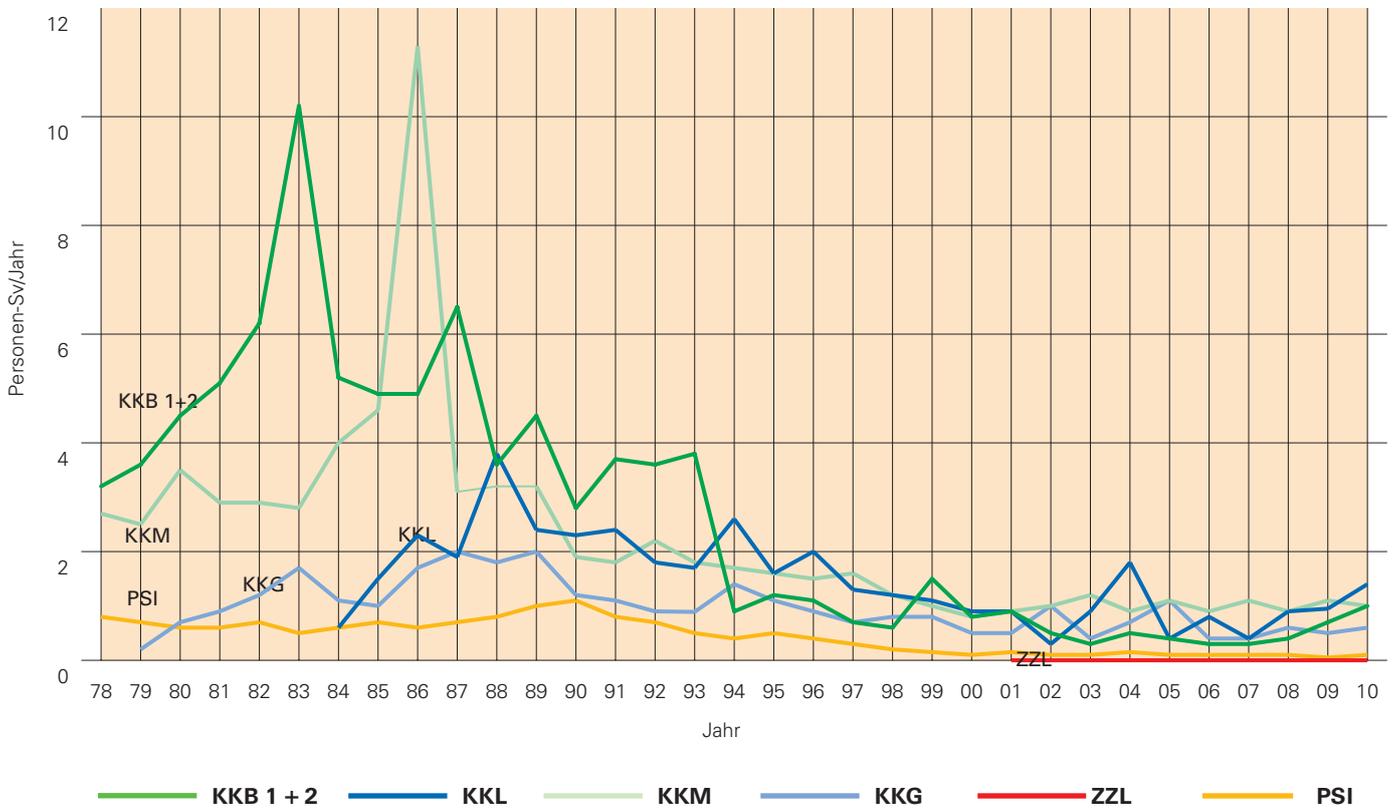


<sup>a</sup> z.B. Haarrisse im Hüllrohr

<sup>b</sup> z.B. grosser Riss oder Bruch des Hüllrohrs mit Brennstoffauswaschung

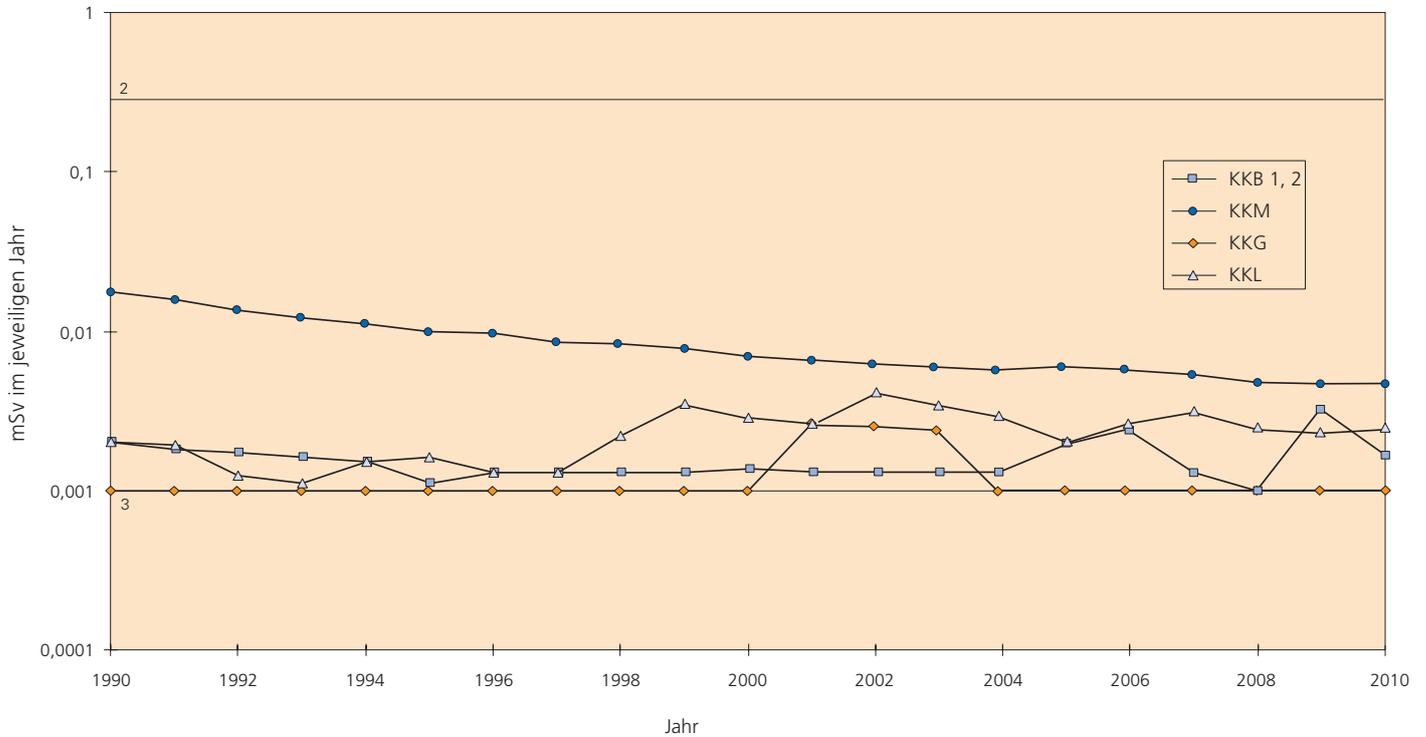
**Figur 5**

Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1978–2010



### Figur 6

Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen<sup>1</sup> (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW



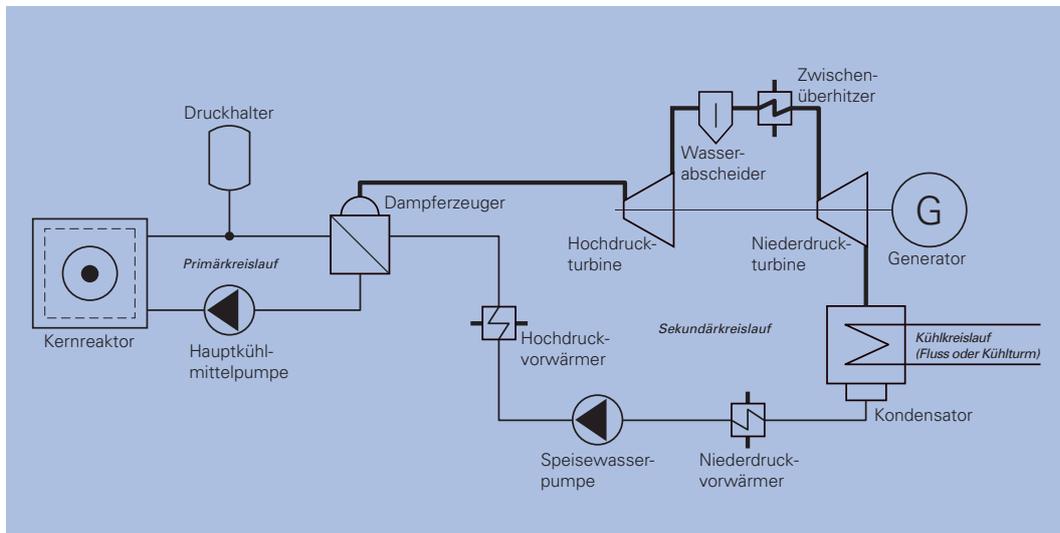
<sup>1</sup> Fiktive erwachsene Person, die sich dauernd am kritischen Ort aufhält, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort bezieht und nur Trinkwasser aus dem Fluss unterhalb des jeweiligen Kernkraftwerks konsumiert. An diesem Ort ist der Dosisbeitrag durch die Direktstrahlung aus den Kernanlagen vernachlässigbar.

<sup>2</sup> Quellenbezogener Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr (StSV Art. 7, Richtlinie R-11).

<sup>3</sup> Werte kleiner als 0,001 mSv werden in der Figur nicht dargestellt.

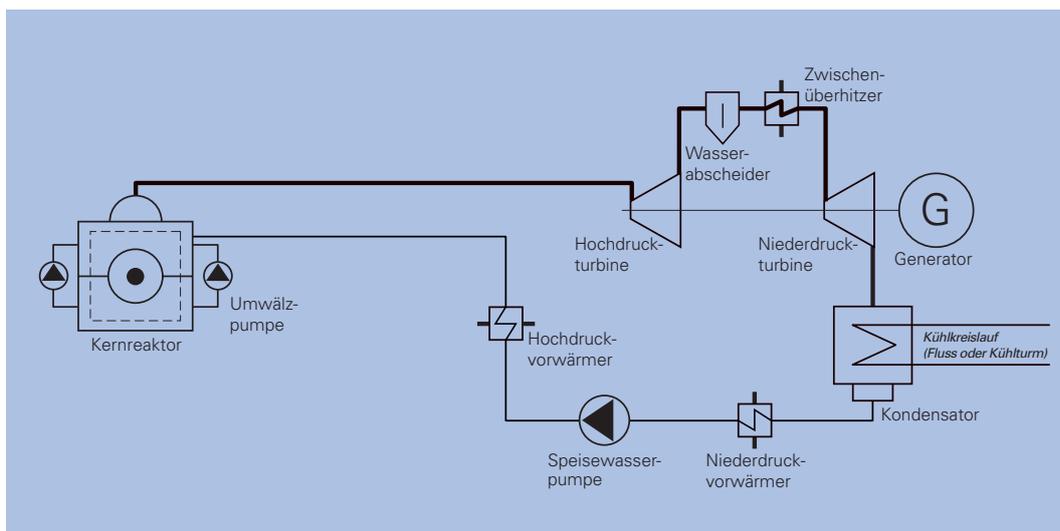
Figur 7a

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
CIS/DAISY	Chemie Informationssystem/Daten-Analyse- und Informationssystem
CNS	Convention on Nuclear Safety
<hr/>	
DSK	Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen
DWR	Druckwasserreaktor
<hr/>	
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EOR	Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
<hr/>	
GSKL	Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleiter
GWh	Gigawattstunde = $10^9$ Wattstunden
<hr/>	
HAA	Hochradioaktive Abfälle
HRA	Human Reliability Analysis
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (heute: ENSI)
<hr/>	
IAEA	International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergieagentur), Wien
IGA	Institut de Génie Atomique, Lausanne
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
KNE	Kommission Nukleare Entsorgung
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
$\mu$ 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
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke AG
NRC	Nuclear Regulatory Commission, USA
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
REFUNA	Regionale Fernwärmeversorgung Unteres Aaretal
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

---

TBq	Terabecquerel (1 TBq = 10 <sup>12</sup> Bq)
TL-Behälter	Transport- und Lagerbehälter
TLD	Thermolumineszenz-Dosimeter

---

UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
------	--

---

WANO	World Association of Nuclear Operators
WENRA	Western European Nuclear Regulators' Association
Wh	Wattstunde

---

ZWIBEZ	Zwischenlager für radioaktive Abfälle, KKW Beznau
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG

**Impressum**

ENSI Aufsichtsbericht 2010

**Herausgeber**

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI  
CH-5200 Brugg

Telefon 0041 (0)56 460 84 00

Telefax 0041 (0)56 460 84 99

**zu beziehen bei**

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI  
Informationsdienst

CH-5200 Brugg

oder per E-Mail

Info@ensi.ch

**Übersetzungen**

Dieser Aufsichtsbericht enthält das Vorwort und  
die Zusammenfassung in den Sprachen Deutsch,  
Französisch und Englisch.

**Zusätzlich zu diesem Aufsichtsbericht...**

...informiert das ENSI in weiteren  
jährlichen Berichten aus seinem Arbeits-  
und Aufsichtsgebiet.

**abrufbar unter**

[www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)

ENSI-AN-7500

ISSN 1661-2876

© ENSI, Juni 2011

ENSI-AN-7500  
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](http://www.ensi.ch)