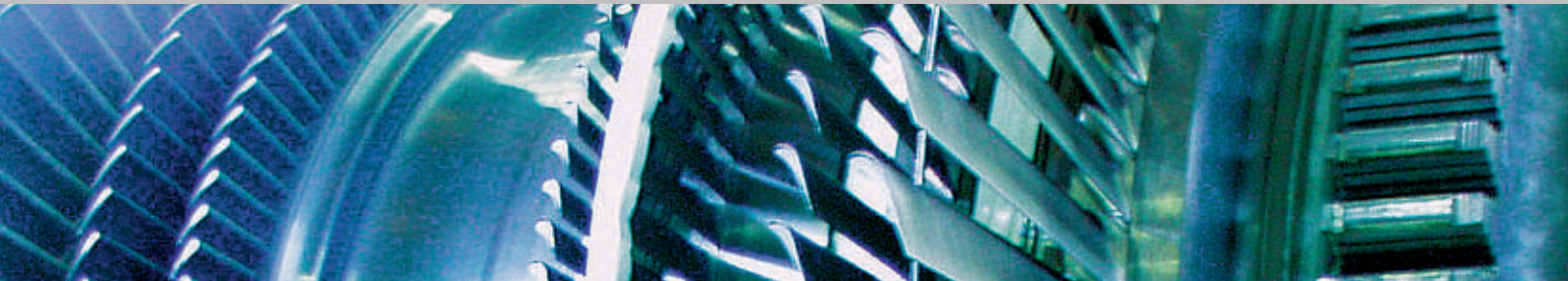




Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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



Aufsichtsbericht 2013

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

Aufsichtsbericht 2013

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

Rapport de Surveillance 2013

sur la sécurité nucléaire dans les installations nucléaires en Suisse

Regulatory Oversight Report 2013

concerning nuclear safety in Swiss nuclear installations

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	6
Préface	8
Preface	10
Zusammenfassung und Übersicht	13
Résumé et aperçu	16
Summary and Overview	19
1. Kernkraftwerk Beznau	23
1.1 Überblick	23
1.2 Betriebsgeschehen	24
1.3 Anlagentechnik	26
1.4 Strahlenschutz	28
1.5 Radioaktive Abfälle	30
1.6 Notfallbereitschaft	30
1.7 Personal und Organisation	31
1.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	31
1.9 Sicherheitsbewertung	32
2. Kernkraftwerk Mühleberg	35
2.1 Überblick	35
2.2 Betriebsgeschehen	36
2.3 Anlagentechnik	40
2.4 Strahlenschutz	42
2.5 Radioaktive Abfälle	43
2.6 Notfallbereitschaft	44
2.7 Personal und Organisation	45
2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	45
2.9 Sicherheitsbewertung	46

3. Kernkraftwerk Gösgen	49
3.1 Überblick	49
3.2 Betriebsgeschehen	50
3.3 Anlagetechnik	53
3.4 Strahlenschutz	55
3.5 Radioaktive Abfälle	56
3.6 Notfallbereitschaft	57
3.7 Personal und Organisation	58
3.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	58
3.9 Sicherheitsbewertung	58
4. Kernkraftwerk Leibstadt	61
4.1 Überblick	61
4.2 Betriebsgeschehen	62
4.3 Anlagetechnik	64
4.4 Strahlenschutz	66
4.5 Radioaktive Abfälle	67
4.6 Notfallbereitschaft	68
4.7 Personal und Organisation	68
4.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	69
4.9 Sicherheitsbewertung	69
5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen	71
5.1 Zwischenlagergebäude	71
5.2 Konditionierungsanlage	72
5.3 Plasma-Anlage	72
5.4 Strahlenschutz	73
5.5 Notfallbereitschaft	73
5.6 Personal und Organisation	74
5.7 Vorkommnisse	74
5.8 Gesamtbeurteilung	74

6. Paul Scherrer Institut (PSI)	75
6.1 Hotlabor	75
6.2 Kernanlagen in Stilllegung	76
6.3 Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle	77
6.4 Strahlenschutz	78
6.5 Notfallbereitschaft	78
6.6 Personal und Organisation	79
6.7 Vorkommnisse	80
6.8 Schule für Strahlenschutz	80
7. Weitere Kernanlagen	81
7.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	81
7.2 Universität Basel	81
8. Transporte und Behälter	83
8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	83
8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	83
8.3 Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung	84
8.4 Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen	84
8.5 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	84
8.6 Inspektionen und Audits	85
9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle	87
9.1 Sachplan geologische Tiefenlager	88
9.2 Entsorgungsprogramm	91
9.3 Offene Fragen aus dem Entsorgungsnachweis	92
9.4 Expertengruppe geologische Tiefenlagerung (EGT)	92
9.5 Felslaboratorien	93
9.6 Internationaler Wissenstransfer	94
10. Anlagenübergreifende Themen	97
10.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management	97
10.2 Erdbebengefährdungsanalyse	99
10.3 Fukushima-Massnahmen	100
10.4 Convention on Nuclear Safety	102
Anhang	103
Verzeichnis der Abkürzungen	125

Vorwort



Die Kernanlagen in der Schweiz haben im vergangenen Jahr die gesetzlichen Sicherheitsanforderungen erfüllt und wurden von den Bewilligungsinhabern vorschriftsgemäss betrieben. Es gab 2013 keine Vorkommnisse in der Schweiz, die die Sicherheit von Mensch und Umwelt hätten beeinträchtigen können.

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI hat 2013 rund 460 angemeldete und unangemeldete Inspektionen in den beaufsichtigten Anlagen durchgeführt. Es hat Sicherheitsnachweise der Betreiber geprüft und wo nötig Forderungen gestellt. Die Fachleute der Aufsichtsbehörde haben Nachrüstprojekte und Revisionen begleitet und beurteilt.

Der Reaktorunfall von Fukushima nimmt in der öffentlichen Wahrnehmung nicht mehr viel Platz ein. Die Umsetzung der Lehren aus dem Unfall vom März 2011 in Japan für die weitere Verbesserung der Sicherheit der Anlagen in der Schweiz ist jedoch noch nicht abgeschlossen. Es handelt sich dabei nicht immer um grosse und spektakuläre Projekte, sondern um Empfehlungen und Abklärungen aus den Stresstests, dem IAEA-Aktionsplan und aus den ENSI-eigenen Analysen der Reaktorunfälle von Fukushima.

Dank der in der Schweiz seit vielen Jahren konsequent angewandten Nachrüstungspraxis verfügen die Schweizer Kernkraftwerke über einen hohen Sicherheitsstandard – auch im internationalen Vergleich. Dies muss bis zum letzten Betriebstag der Schweizer Kernkraftwerke so bleiben. Deshalb verlangen wir als zuständige Aufsichtsbehörde, dass die Sicherheitsmargen mit verhältnismässigen Massnahmen weiter ausgebaut werden und die Schweizer Kernkraftwerke nicht aus wirtschaftlichen Überlegungen «ausgefahren» werden.

Fukushima hat einmal mehr gezeigt, dass die Auswirkungen eines Reaktorunfalls nicht an den Landesgrenzen Halt machen, sondern eine internationale Herausforderung darstellen. Ein Reaktorunfall, der ganze Landstriche für lange Zeit unbewohnbar macht, darf nicht mehr vorkommen. Wir setzen uns deshalb auch auf internationaler Ebene für eine Stärkung der Sicherheit weltweit ein. Das internationale Engagement erhöht auch die Sicherheit für die Schweiz, nicht zuletzt im unmittelbaren Umfeld. Im Umkreis von 500 Kilometern um die Schweiz sind rund 40 Kernkraftwerke in Betrieb.

Die Ereignisse in Japan haben auch das Bedürfnis nach Informationen über die Sicherheit von Kernkraftwerken ansteigen lassen. Das ENSI betreibt deshalb seit 2011 eine aktivere Informationspolitik. Im vergangenen Jahr haben wir zusätzlich das Technische Forum Kernkraftwerke lanciert. Darin haben neben Vertretern von Bund, Kantonen, Gemeinden sowie dem benachbarten Ausland auch die Betreiber sowie Exponenten aus kernenergiekritischen Kreisen Einsitz. Im Forum werden Antworten auf Fragen der Öffentlichkeit offen und manchmal kontrovers diskutiert. Die Fragen und die Antworten werden anschliessend auf der ENSI-Website veröffentlicht, damit sich jeder seine eigene Meinung bilden kann.

Im vergangenen Jahr ist ein Thema unserer Aufsichtstätigkeit besonders in den Fokus gerückt worden. Mit dem Entscheid der BKW, das Kernkraftwerk Mühleberg 2019 definitiv ausser Betrieb zu nehmen, wird die Stilllegung eines Kernkraftwerks in der Schweiz erstmals konkret. Auch wir als Aufsichtsbehörde bereiten uns intensiv darauf vor.

Das ENSI verfügt über eine eigene Sektion, die sich mit Fragen der Stilllegung auseinandersetzt. Dort arbeiten Fachleute, die bereits im In- und Ausland Erfahrungen in diesem Bereich gesammelt haben. Das Stilllegen von Kernanlagen ist nichts Neues. Weltweit wurden bereits rund 150 Kernkraftwerke endgültig ausser Betrieb genommen, ein gutes Dutzend davon ist vollständig zurückgebaut.

Zudem haben wir unser Regelwerk ergänzt. Die Richtlinie ENSI-G17 präzisiert die Anforderungen, die die Kernenergiegesetzgebung an ein Stilllegungsvorhaben setzt. Mit dem frühzeitig angekündigten Entscheid zur definitiven Ausserbetriebnahme des Kernkraftwerks Mühleberg 2019 hat die BKW die Möglichkeit geschaffen, die Stilllegung gründlich vorzubereiten. Die Arbeiten dazu laufen.

Wer eine Kernanlage betreibt, muss auch die entstehenden Abfälle entsorgen. Im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager sucht die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle Nagra einen geeigneten Standort. Das ENSI begleitet diese Suche als Aufsichtsbehörde über die sicherheitstechnischen Aspekte und hat unter anderem für die zweite Etappe 41 Forderungen gestellt. Im vergangenen Jahr haben wir auf Wunsch der Kantone die Abarbeitung dieser Forderungen im Rahmen von sogenannten Zwischenhalt-Fachsitzen überprüft. Dies sorgt für Transparenz.

Langzeitbetrieb, Stilllegung und Entsorgung sind Aufgaben, die uns noch während Jahrzehnten beschäftigen werden. Damit wir diese Aufgaben im Interesse der Bevölkerung wahrnehmen können, sind wir auf kompetente Experten angewiesen. Der langfristige Erhalt des Fachwissens wird uns in den kommenden Jahren verstärkt beschäftigen, denn mit dem Ausstiegsentscheid der Politik hat in den Augen vieler junger Fachkräfte der Nuklearbereich an Anziehungskraft verloren.

Die Mitarbeitenden des ENSI beschäftigen sich jedoch täglich mit den vielfältigen Aspekten der nuklearen Sicherheit und werden dies noch über Jahre, ja Jahrzehnte machen müssen. Ihnen, die sich auch 2013 täglich verantwortungsbewusst und mit grossem Einsatz für die Sicherheit von Mensch und Umwelt engagiert haben, gehört mein abschliessender Dank.



Dr. Hans Wanner
Direktor
Juni 2014

Préface

En 2013, les installations nucléaires en Suisse ont satisfait aux impératifs de sécurité fixés par la loi et ont été exploitées conformément aux prescriptions par les détenteurs d'autorisation. Il n'y a pas eu d'événements susceptibles de porter atteinte à la sécurité des êtres humains et de l'environnement. L'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN a réalisé en 2013 près de 460 inspections annoncées et inopinées dans les installations surveillées. Elle a vérifié les démonstrations de sécurité des exploitants et émis si nécessaire des requêtes. Les experts de l'autorité de surveillance ont suivi et évalué les projets de rééquipement et les révisions.

L'accident de réacteur de Fukushima ne prend plus beaucoup de place dans l'opinion publique. La mise en œuvre des mesures liées aux enseignements de l'accident de mars 2011 au Japon, visant à améliorer encore la sécurité des installations en Suisse, n'est toutefois pas encore terminée. Il ne s'agit pas toujours de grands projets spectaculaires, mais plutôt de recommandations et d'analyses issues des tests de résistance, du plan d'action de l'AIEA et des propres analyses de l'IFSN concernant les accidents de réacteur de Fukushima.

Grâce à la politique de rééquipement systématique pratiquée en Suisse depuis de nombreuses années, les centrales nucléaires suisses disposent, en comparaison internationale aussi, d'un niveau de sécurité élevé qu'elles doivent garder jusqu'au dernier jour de leur exploitation. En tant qu'autorité de surveillance compétente, nous exigeons donc de poursuivre le développement des marges de sécurité par des mesures proportionnelles et de ne pas «pousser» les centrales nucléaires suisses sur la base de réflexions économiques.

Fukushima a montré une fois de plus que les conséquences d'un accident de réacteur ne s'arrêtent pas aux frontières nationales, mais représentent bien un défi international. Il ne faut plus qu'il y ait d'accident nucléaire rendant des régions entières inhabitables pour longtemps. Nous nous engageons donc, sur la scène internationale aussi, en faveur d'un renforcement de la sécurité à l'échelle mondiale. Notre engagement international permet d'accroître aussi la sécurité pour la Suisse, notamment dans son environnement immédiat. On dé-

nombre une quarantaine de centrales nucléaires en exploitation dans un rayon de 500 kilomètres autour de la Suisse.

Les événements qui se sont déroulés au Japon ayant accru le besoin d'information sur la sécurité des centrales nucléaires, l'IFSN poursuit depuis 2011 une politique d'information plus active. De plus, nous avons lancé en 2013 le Forum technique sur les centrales nucléaires auquel participent non seulement des représentants de la Confédération, des cantons, des communes et des pays voisins, mais aussi les exploitants des centrales nucléaires ainsi que des adversaires de l'énergie nucléaire. Au sein de ce forum, les réponses aux questions du public sont abordées ouvertement et font parfois l'objet de controverses. Questions et réponses sont ensuite publiées sur le site de l'IFSN afin que chacun puisse forger sa propre opinion.

L'année dernière, un aspect de notre activité de surveillance a fait l'objet d'une attention particulière. Avec la décision de la société BKW de mettre définitivement hors service la centrale nucléaire de Mühleberg en 2019, la désaffectation d'une centrale nucléaire devient pour la première fois un projet concret en Suisse. En notre qualité d'autorité de surveillance, nous nous y préparons aussi de manière intensive.

L'IFSN dispose de sa propre section pour les questions de désaffectation. Des spécialistes ayant déjà acquis de l'expérience dans ce domaine, tant en Suisse qu'à l'étranger, y travaillent. La désaffectation d'installations nucléaires n'est rien de nouveau. Près de 150 centrales ont déjà été définitivement mises hors service dans le monde et les sites d'une bonne dizaine d'entre elles entièrement démantelés.

Par ailleurs, nous avons complété notre réglementation. La directive IFSN-G17 précise les exigences posées par la législation à un projet de désaffectation. En annonçant suffisamment tôt sa décision de mise hors service définitive de la centrale nucléaire de Mühleberg en 2019, la société BKW a donné la possibilité de préparer minutieusement la désaffectation. Les travaux sont en cours.

L'exploitant d'une installation nucléaire doit aussi en gérer les déchets produits. Dans le cadre du

plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes», la Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (Nagra) cherche un site d'implantation approprié. En tant qu'autorité de surveillance, l'IFSN accompagne cette recherche au niveau de la sécurité et a émis notamment 41 requêtes pour la deuxième étape. L'année dernière, à la demande des cantons et dans un souci de transparence, nous avons vérifié le traitement de ces requêtes dans le cadre de séances techniques dites d'arrêt intermédiaire.

Exploitation à long terme, désaffectation des installations et gestion des déchets sont des tâches qui vont encore nous occuper pendant des dizaines d'années. Pour pouvoir les assumer dans l'intérêt de la population, nous dépendons d'experts compétents. L'acquisition à long terme de compétences techniques nous occupera toujours davantage ces prochaines années. Avec la décision politique de sortir du nucléaire, ce secteur a en effet perdu beaucoup de son pouvoir d'attraction aux yeux de nombreux jeunes spécialistes.

Les collaborateurs de l'IFSN travaillent pourtant chaque jour sur les nombreux aspects de la sécurité nucléaire et devront le faire encore pendant des années, même pendant des dizaines d'années. C'est à eux que j'adresse tous mes remerciements, eux qui se sont engagés en 2013 aussi avec responsabilité et détermination pour défendre la sécurité des êtres humains et de l'environnement.



Dr Hans Wanner
Directeur
Juin 2014

Preface

In 2013, the nuclear facilities in Switzerland complied with the statutory safety requirements and were operated in accordance with regulations by the licensees. There were no incidents in Switzerland that could have adversely affected the safety of people and the environment.

During 2013, ENSI, the Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate conducted some 460 pre-announced and unannounced inspections of the regulated facilities. It evaluated the proof of safety evidence submitted by plant operators and demanded remedial action where necessary. ENSI specialists monitored backfitting and maintenance projects and evaluated the work.

The nuclear accident at Fukushima is no longer uppermost in the minds of the public. However, measures to implement the lessons learned from the accident in Japan in March 2011 designed to improve further the safety of facilities in Switzerland are still ongoing. These are not always large or spectacular projects but rather the implementation of recommendations and clarifications arising from the Stress Tests, the IAEA Action Plan and ENSI's own analyses after the Fukushima accident.

Nuclear facilities in Switzerland have consistently applied a backfitting policy over many years and so safety standards in the Swiss nuclear power plants are high, also in comparison with facilities in other countries. It is essential that this remains the case for the entire operating life of Swiss nuclear power plants. As responsible inspector authority, we are therefore demanding a continuous improvement of the safety margins through proportionate measures. We will not allow safety levels in Swiss nuclear power plants to become static for commercial reasons.

The Fukushima accident demonstrated once again that the effects of a nuclear accident do not stop at national borders but represent an international challenge. Nuclear accidents that make entire regions uninhabitable for long periods must not be allowed to happen again. As a result, ENSI is actively promoting the strengthening of nuclear safety worldwide. International commitment will also increase safety in Switzerland, not least in the immediate vicinity of its borders as there are some

40 nuclear power stations within 500 kilometres of Switzerland.

The events in Japan also increased the demand for information on nuclear safety and so, since 2011 ENSI has operated a more proactive information policy. Last year, we also set up a Technical Forum on Nuclear Power Plants with participants not just from Federal, cantonal and municipal administrations in Switzerland and their counterparts in neighbouring countries but also from the operators and organisations critical of nuclear energy. The Forum is discussing questions from the public in an open manner, often involving heated debate. The questions and answers are then published on the ENSI website giving the public an opportunity to make up their own minds.

In 2013, attention was drawn to one particular area of our surveillance work. The decision by BKW to shut down the Mühleberg nuclear power plant in 2019 means that the decommissioning of a nuclear power plant in Switzerland is now a concrete reality. This will also involve ENSI, as the regulator, in considerable preparations.

ENSI has a separate section dealing with decommissioning and employs specialists with relevant experience in both Switzerland and abroad. The decommissioning of nuclear facilities is nothing new. Some 150 nuclear power plants have already been shut down elsewhere in the world and a dozen or more have been fully decommissioned.

In 2013, ENSI also expanded its regulatory framework: ENSI guideline -G17 clarifies the provisions specified in Swiss nuclear energy legislation on the decommissioning process. By making an early announcement of its decision to shut down the Mühleberg nuclear power plant in 2019, BKW has provided for a thorough preparation of the decommissioning process. Work on this has already begun.

Operators of nuclear facilities are required to dispose of their radioactive waste. As part of the Sectoral Plan for Deep Geological Repositories, Nagra, the National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste is seeking a suitable location for the waste disposal. As regulator, ENSI is monitoring the safety aspects of this work and has, among

other things, specified 41 different requirements for the Stage 2 Process. At the request of the Cantons, the process to verify completion of these requirements is taking place at so-called «Intermediate Technical Meetings». The first meetings, which are designed to ensure transparency, were held last year.

ENSI's responsibilities for long-term operation, decommissioning and waste management will continue for decades. We need qualified experts who can discharge those responsibilities in the public interest. The long-term retention of specialist knowledge is something that will require particular attention in the future. In the eyes of many young professionals, the decision by politicians to phase out nuclear energy has reduced the attraction of a career in the nuclear industry.

However, ENSI staff work on a daily basis on a wide range of issues relating to nuclear safety and will continue to do so for years and indeed for many decades to come. To them, I should like to express my sincere thanks for their continuing dedication and commitment to the safety of people and the environment.



*Dr Hans Wanner
Director
June 2014*

Zusammenfassung und Übersicht

Das ENSI

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI ist die Aufsichtsbehörde des Bundes. Es beutachtet und beaufsichtigt die Kernanlagen in der Schweiz. Dazu zählen die fünf Kernkraftwerke, die Zwischenlager bei den Kraftwerken, das Zentrale Zwischenlager der ZwiLag in Würenlingen sowie die Kernanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI), der Universität Basel und der ETH Lausanne. Mittels Inspektionen, Aufsichtsgesprächen, Prüfungen und Analysen sowie der Berichterstattung der Anlagebetreiber verschafft sich das ENSI den notwendigen Überblick über die nukleare Sicherheit der beaufsichtigten Kernanlagen. Es wacht darüber, dass die Vorschriften eingehalten werden und die Betriebsführung gesetzeskonform erfolgt. Zudem gehören die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den Kernanlagen sowie die Vorbereitungen zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle in seinen Aufsichtsbereich. 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, zur Personalausbildung, zum Notfallschutz, zum Transport radioaktiver Stoffe und zur geologischen Tiefenlagerung. Gestützt auf diese gesetzlichen Grundlagen erstellt und aktualisiert das ENSI eigene Richtlinien. Darin formuliert es die Kriterien, nach denen es die Tätigkeiten und Vorhaben der Betreiber von Kernanlagen beurteilt. Eine Übersicht über die Richtlinien des ENSI findet sich in der Tabelle 10 im Anhang des Aufsichtsberichts. Die gültigen Richtlinien sind zudem auf der Website des ENSI (www.ensi.ch) verfügbar.

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 infor-

mieren. Zu spezifischen Themen orientiert es auch im Rahmen von Veranstaltungen wie zum Beispiel Medienkonferenzen, Foren oder Vorträgen.

Der vorliegende Aufsichtsbericht des ENSI ist Teil seiner periodischen Berichterstattung. Daneben publiziert das ENSI jährlich einen Strahlenschutzbericht sowie einen Erfahrungs- und Forschungsbericht. Die Originalsprache der Berichte ist Deutsch. Die Zusammenfassungen werden auf Französisch und Englisch übersetzt. Das ENSI publiziert seine Berichte nebst weiteren Fachartikeln auch auf seiner Website unter www.ensi.ch.

Inhalt des vorliegenden Berichts

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

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

Kernkraftwerke

Die fünf Kernkraftwerke in der Schweiz (Beznau Block 1 und 2, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt) wurden im vergangenen Jahr sicher betrieben. Das ENSI kommt zum Schluss, dass die bewilligten Betriebsbedingungen eingehalten wurden. Die Be-

willigungsinhaber haben gegenüber der Aufsichtsbehörde ihre gesetzlich festgelegten Meldepflichten wahrgenommen. Alle Anlagen befinden sich in einem sicherheitstechnisch guten Zustand.

In den Kernkraftwerken kam es im Jahr 2013 zu 34 meldepflichtigen Vorkommnissen: 7 Vorkommnisse betrafen die beiden Blöcke des Kernkraftwerks Beznau, 7 das Kernkraftwerk Gösgen, 7 das Kernkraftwerk Leibstadt und 13 das Kernkraftwerk Mühleberg. Es waren keine Reaktorschnellabschaltungen aus dem Leistungsbetrieb zu verzeichnen. Auf der von Stufe 0 bis 7 reichenden internationalen Ereignisskala INES ordnete das ENSI im Berichtsjahr alle meldepflichtigen Vorkommnisse in den Kernkraftwerken der Stufe 0 zu.

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 rund 460 Inspektionen, die das ENSI im Jahr 2013 durchgeführt hatte.

Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen umfasst mehrere Zwischenlagergebäude, die Konditionierungsanlage und die Plasma-Anlage (Verbrennungs- und Schmelzanlage). Ende 2013 befanden sich in der Behälterlagerhalle 40 Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen sowie sechs Behälter mit Stilllegungsabfällen aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens. Der Belegungsgrad betrug Ende 2013 rund 20% im HAA-Lager und 25% im MAA-Lager.

Im Berichtsjahr wurde nur eine Kampagne zur Verbrennung und Einschmelzung von radioaktiven Abfällen durchgeführt. Das ENSI verzeichnete bei der Zwiilag im Jahr 2013 keine meldepflichtigen Vorkommnisse.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Zwiilag die bewilligten Betriebsbedingungen im Jahr 2013 eingehalten hat.

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

Die Kernanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI) – namentlich das Hotlabor, die Kernanlagen in Stilllegung sowie die Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle – unterstehen der Aufsicht des ENSI.

Im Berichtsjahr befanden sich am PSI vier Kernanlagen in unterschiedlichen Phasen der Stilllegung. Es sind dies die drei ehemaligen Forschungsreaktoren SAPHIR, DIORIT und PROTEUS sowie die im Jahr 2002 ausser Betrieb genommene Versuchsverbrennungsanlage.

In den Kernanlagen des Paul Scherrer Instituts PSI waren im Jahr 2013 zwei meldepflichtige Vorkommnisse und beim Forschungsreaktor der Universität Basel war ein Vorkommnis zu verzeichnen. Kein meldepflichtiges Vorkommnis verzeichnete das ENSI beim Forschungsreaktor der ETH Lausanne.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die bewilligten Betriebsbedingungen im Jahr 2013 sowohl bei den Kernanlagen des PSI als auch bei den Forschungsreaktoren von Lausanne und Basel eingehalten wurden.

Abgaben radioaktiver Stoffe

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

Transporte radioaktiver Stoffe

In den Wiederaufarbeitungsanlagen von La Hague (Frankreich) und von Sellafield (Vereinigtes Königreich) sind die abgebrannten Brennelemente aus schweizerischen Kernkraftwerken aus früheren Jahren wiederaufgearbeitet worden. Durch das am 1. Juli 2006 begonnene zehnjährige Wiederaufarbeitungsmoratorium beschränken sich diese Arbeiten auf die vorher dorthin transportierten Brennelemente. Die bei der Wiederaufarbeitung

entstandenen Abfälle müssen vertragsgemäss in die Schweiz zurückgeführt werden.

Im Berichtsjahr wurden weder Transporte aus Frankreich noch aus dem Vereinigten Königreich in die Schweiz durchgeführt.

Geologische Tiefenlagerung

Die Entsorgungspflichtigen müssen gemäss Kernenergieverordnung ein Entsorgungsprogramm vorlegen und alle fünf Jahre anpassen. Zuständig für die Überprüfung und Überwachung der Einhaltung des Programms sind das Bundesamt für Energie BFE und das ENSI. Das BFE prüft den Finanzplan für die Entsorgungsarbeiten bis zur Ausserbetriebnahme der Kernanlagen sowie das Informationskonzept der Nagra. Das ENSI prüft die sicherheitsrelevanten Aspekte. Die Stellungnahmen zum Entsorgungsprogramm der Nagra und zu den Bewertungen der Bundesbehörden wurden dem Bundesrat vorgelegt. Dieser hat in seiner Verfügung vom 28. August 2013 den gesetzlichen Auftrag als erfüllt angesehen. Er verfügte, dass das nächste Entsorgungsprogramm im Jahr 2016 gleichzeitig mit den Kostenstudien einzureichen ist.

Das dreistufige Standortauswahlverfahren (Sachplan geologische Tiefenlager) befindet sich seit Ende 2011 in Etappe 2. Für diese Etappe hatte die Nagra ergänzende Untersuchungen angekündigt. Das ENSI hatte 41 Forderungen für zusätzliche Untersuchungen gestellt. Auf Wunsch der Kantone findet die Überprüfung der Abarbeitung dieser Forderungen in so genannten Zwischenhalt-Fachsitzungen statt. Im Jahr 2013 wurden fünf solche Zwischenhalt-Fachsitzungen durchgeführt. Ausserdem wurde an Behörden-Fachsitzungen über die von der Nagra eingesetzte Methodik zur Bewertung der sicherheitstechnischen Kriterien und zum sicherheitstechnischen Vergleich informiert.

Die für die Tiefenlagerung notwendigen Daten werden teilweise in Felslabors ermittelt, an welchen sich das ENSI seit Jahren mit Forschungsprojekten beteiligt. Die mit internationaler Beteiligung betriebene erdwissenschaftliche Forschungstätigkeit im Opalinuston im Felslabor Mont Terri (Kanton Jura) wurde 2013 weitergeführt. Das ENSI beteiligt sich im Mont Terri mit eigenen Projekten und Kooperationen.

Die im Berichtsjahr fortgesetzte Mitarbeit in nationalen und internationalen Arbeitsgruppen und Informationsplattformen ermöglicht es dem ENSI, relevante Themen im Bereich der Erdwissenschaften sowie der Entsorgung in geologischen Tiefenlagern weltweit zu verfolgen. Die Resultate der Arbeiten fliessen in die Aufsichtstätigkeit des ENSI im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager ein.

Résumé et aperçu

L'IFSN

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

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

L'IFSN donne des informations régulières sur ses activités de surveillance et sur la sécurité nucléaire

des installations suisses. Elle a pour tâche légale d'informer le public des événements et constats particuliers dans les installations nucléaires. Son information sur des thèmes plus spécifiques se poursuit aussi dans le cadre de manifestations telles que des exposés, conférences de presse et forums.

Le présent rapport de surveillance fait partie du compte rendu périodique de l'IFSN. L'IFSN publie chaque année aussi un rapport sur la radioprotection ainsi qu'un rapport sur les expériences et la recherche. Ces rapports sont publiés dans leur langue d'origine, l'allemand. Les résumés sont traduits en français et en anglais. L'IFSN publie aussi ses rapports sur son site www.ifsn.ch où elle met également en ligne de nombreux articles techniques.

Contenu du présent rapport

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

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

Centrales nucléaires

Les cinq centrales nucléaires de Suisse (Beznau 1 et 2, Mühleberg, Gösgen et Leibstadt) ont été exploitées de manière sûre l'année passée. L'IFSN arrive à la conclusion que les conditions d'exploitation autorisées ont été respectées. Les détenteurs d'autorisations ont respecté leurs devoirs de notification fixés par la loi à l'égard de l'autorité de surveillance. Toutes les installations témoignent d'une bonne situation en matière de sécurité.

Dans les centrales nucléaires suisses, 34 événements soumis au devoir de notification sont survenus en 2013: 7 événements concernaient dans les deux tranches de la centrale nucléaire de Beznau, 7 la centrale nucléaire de Gösgen, 7 celle de Leibstadt et 13 celle de Mühleberg. Aucun arrêt d'urgence du réacteur lors du fonctionnement de puissance n'a été recensé.

Tous les événements survenus l'année dernière dans les centrales nucléaires ont été classés par l'IFSN au niveau 0 de l'échelle internationale d'appréciation des événements INES qui va de 0 à 7.

L'IFSN évalue la sécurité de toute centrale nucléaire dans le cadre d'une évaluation systématique de la sécurité. En plus des événements devant être notifiés, elle tient compte d'autres éléments, notamment des résultats des quelque 460 inspections réalisées par l'IFSN en 2013.

Centre de stockage intermédiaire de Würenlingen

Le Centre de stockage intermédiaire Zwiilag à Würenlingen comprend plusieurs bâtiments d'entreposage, l'installation de conditionnement et l'installation plasma (station d'incinération et de fusion). Fin 2013, la halle des conteneurs abritait 40 emballages de transport et d'entreposage avec assemblages combustibles usés et colis vitrifiés, ainsi que six conteneurs de déchets de désaffectation provenant de la centrale nucléaire expérimentale de Lucens. Fin 2013, le taux d'occupation était d'environ 20% dans le dépôt DHA et 25% dans le dépôt DFMA.

Une seule campagne d'incinération et de fusion des déchets radioactifs a eu lieu en 2013. Au cours de l'exercice sous revue, l'IFSN n'a recensé aucun événement soumis au devoir de notification à Zwiilag.

L'IFSN en conclut qu'en 2013, Zwiilag a respecté les conditions d'exploitation autorisées.

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

Les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (IPS), comme le laboratoire chaud, les installations nucléaires en cours de désaffectation et les installations de gestion des déchets radioactifs, sont placées sous la surveillance de l'IFSN.

En 2013, quatre installations nucléaires se trouvaient à l'IPS à différentes étapes de la désaffectation. Il s'agit des trois anciens réacteurs de recherche SAPHIR, DIORIT et PROTEUS, ainsi que de l'installation d'incinération expérimentale mise hors service en 2002.

En 2013, deux événements soumis au devoir de notification ont été recensés dans les installations nucléaires de l'IPS et un dans le réacteur de recherche de l'Université de Bâle. Aucun événement soumis au devoir de notification n'a été recensé concernant le réacteur de recherche de l'EPFL.

L'IFSN en conclut qu'en 2013, les conditions d'exploitation ont été respectées tant dans les installations nucléaires de l'IPS que dans les réacteurs de recherche de Lausanne et de Bâle.

Rejets de substances radioactives

En 2013, 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 Zwiilag, des installations nucléaires de l'IPS, 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

Les assemblages combustibles usés provenant des centrales nucléaires suisses ont été retraités à La Hague (France) et à Sellafield (Royaume-Uni). Du fait du moratoire sur le retraitement, ces activités se limitent aux assemblages combustibles transportés avant le 1er juillet 2006, date du début du moratoire de dix ans. Selon les termes du contrat, les déchets provenant du retraitement doivent être rapatriés en Suisse.

En 2013, aucun transport depuis la France ou le Royaume-Uni n'a eu lieu en Suisse.

Stockage en couches géologiques profondes

Conformément à l'ordonnance sur l'énergie nucléaire, les responsables de la gestion des déchets radioactifs doivent présenter un programme de gestion des déchets et l'adapter tous les cinq ans. L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) et l'IFSN sont responsables du contrôle et de la surveillance du respect de ce programme. L'OFEN vérifie le plan financier élaboré pour les travaux de gestion des déchets jusqu'à la mise hors service des installations nucléaires, ainsi que le concept d'information de la Nagra. L'IFSN vérifie les aspects importants pour la sécurité. Les prises de position sur le programme de gestion des déchets de la Nagra et sur les évaluations des instances fédérales ont été soumises au Conseil fédéral. Dans sa décision du 28 août 2013, ce dernier a considéré que le mandat légal était rempli et que le prochain programme de gestion devait être présenté en 2016, en même temps que les études de coûts.

La procédure de sélection des sites (plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes»), se déroulant en trois étapes, est entrée dans sa deuxième étape fin 2011. Pour cette étape, la Nagra avait annoncé des analyses complémentaires et l'IFSN posé 41 exigences pour des études en plus. A la demande des cantons, le contrôle de la réalisation de ces exigences s'est déroulé lors de séances techniques dites d'arrêts intermédiaires. En 2013, cinq séances de ce type ont eu lieu. De plus, lors de séances techniques des autorités, des informations ont été données quant à la méthode mise en place par la Nagra pour évaluer les critères de sécurité et pour la comparaison en matière de sécurité.

Les laboratoires souterrains, auxquels l'IFSN participe depuis des années par des projets de recherche, fournissent en partie les données nécessaires au stockage en couches géologiques profondes. Les recherches géologiques sur les argiles à Opalinus se sont poursuivies en 2013 au laboratoire souterrain du Mont Terri (canton du Jura), dans le cadre d'une participation internationale. L'IFSN y a ses propres projets et coopérations. La collaboration au sein de groupes de travail nationaux et internationaux, ainsi que dans le cadre de plateformes d'information permet à l'IFSN de suivre les questions importantes qui se

posent dans le monde à propos des sciences de la terre et du stockage dans des dépôts en couches géologiques profondes. Les résultats de ces travaux sont pris en compte dans l'activité de surveillance de l'IFSN, dans le cadre du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes».

Summary and Overview

ENSI

ENSI, the Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, acting as the regulatory body of the Swiss Federation, assesses and monitors nuclear facilities in Switzerland. These include the five nuclear power plants, the interim storage facilities based at each plant, the Central Interim Storage Facility of ZWILAG at Würenlingen together with the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI) and the two universities of Basel and Lausanne. Using a combination of inspections, regulatory meetings, examinations and analyses together with reports from the licensees of individual facilities, ENSI obtains the required overview of nuclear safety in these facilities. It ensures that the facilities comply with the regulations and operate as required by law. Its regulatory responsibilities also include the transport of radioactive materials from and to nuclear facilities and the preparations for a deep geological repository for nuclear waste. ENSI maintains its own emergency organisation, which is an integral part of the national emergency structure that would be activated in the event of a serious incident at a nuclear facility in Switzerland.

The legislative framework for ENSI's area of responsibility is as follows: the Nuclear Energy Act (NEA), the Nuclear Energy Ordinance (NEO), the Radiological Protection Act (StSG – only available in German), the Radiological Protection Ordinance (StSV – only available in German) together with other ordinances and regulations on reactor safety, the training of personnel, emergency preparedness, the transport of radioactive materials and the deep geological repository. Based on this legislative framework, ENSI formulates and updates its own guidelines. These guidelines stipulate the criteria for evaluating the current activities and future plans of the operators of nuclear facilities. Table 10 in the Appendix to this report gives an overview of the guidelines. The current guidelines are also available on the ENSI website (www.ensi.ch).

ENSI produces regular reports on its regulatory activities and nuclear safety in Swiss nuclear facilities. It fulfils its legislative obligation to provide the

public with information on particular events and findings in nuclear facilities. ENSI also organises events such as media conferences, fora and lectures to inform on specific topics.

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

Contents of this report

Chapters 1 to 4 of this Surveillance Report deal with operational experience, systems technology, radiological protection and the management of the nuclear power plants Beznau, Mühleberg, Gösgen and Leibstadt. Each chapter concludes with the ENSI safety rating for the relevant plant. Chapter 5 deals with the Central Interim Storage Facility (ZWILAG) at Würenlingen. Chapters 6 and 7 cover the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute and the research reactors at the University of Basel and the Federal Institute of Technology (EPFL) in Lausanne. Chapter 8 deals with the transport of radioactive materials from and to Swiss nuclear facilities. Chapter 9 describes the work associated with the deep geological storage of radioactive waste. Finally, Chapter 10 deals with generic issues relevant to all facilities such as probabilistic safety analyses. The Appendix contains a series of explanatory tables and diagrams.

Nuclear power plants

In 2013, the five nuclear power plants in Switzerland (Beznau Units 1 and 2, Mühleberg, Gösgen and Leibstadt) were all operated safely and ENSI concluded that each had complied with its approved operating conditions. Licensees complied with their statutory obligations to provide

ENSI with reports and the nuclear safety at all plants was rated as good.

In 2013, there were 34 reportable events in the Swiss nuclear power plants: 7 events at the two Beznau units, 7 at Gösgen, 7 at Leibstadt and 13 at Mühleberg. During operation, there were no reactor scrams recorded.

On the INES scale, ranging from 0–7, ENSI rated all reportable events in nuclear power plants in 2013 as Level 0.

ENSI evaluates the safety of each nuclear power plant as part of a systematic safety evaluation. This reflects both reportable events and other findings, in particular the results of the approximately 460 inspections conducted by ENSI during 2013.

Central Interim Storage Facility Würenlingen

The Central Interim Storage Facility of ZWILAG at Würenlingen consists of several interim storage halls, a conditioning plant and a plasma plant (incineration/melting plant). At the end of 2013, the cask storage hall contained 40 transport/storage casks with spent fuel assemblies and vitrified residue packages as well as six casks with decommissioned waste from the experimental nuclear power plant at Lucens. At the end of 2013, some 20% of the capacity of the HLW store was in use and about 25% of the ILW store.

During the year, ZWILAG conducted one campaign to incinerate and melt radioactive waste.

ENSI recorded no reportable events at ZWILAG during 2013.

ENSI concluded that ZWILAG had complied with its approved operating conditions in 2013.

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

ENSI is also responsible for the surveillance of the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI), i.e. the hot laboratory, the nuclear facilities being decommissioned and the facilities for the disposal of radioactive materials.

During 2013, four nuclear facilities were in varying phases of decommissioning at PSI: The former research reactors SAPHIR, DIORIT and PROTEUS together with the experimental incineration plant that was taken out of service in 2002.

During 2013, there were two reportable events at

the nuclear facilities of the Paul Scherrer Institute PSI and one reportable event at the research reactor at the University of Basel. ENSI recorded no reportable events at the Federal Institute of Technology in Lausanne.

ENSI concluded that the nuclear facilities at PSI and the research reactors at Lausanne and Basel had complied with their approved operating conditions in 2013.

Release of radioactive materials

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

Transport of radioactive materials

Spent fuel assemblies from Swiss nuclear power plants from previous years are being reprocessed at the reprocessing facilities at La Hague (France) and Sellafield (United Kingdom). As a result of the 10-year reprocessing moratorium introduced on 1 July 2006, this work is limited to fuel assemblies transported to those sites prior to that date. Under the terms of the contracts, the waste produced during reprocessing must subsequently be returned to Switzerland.

During 2013, there were no return transports to Switzerland from either France or United Kingdom.

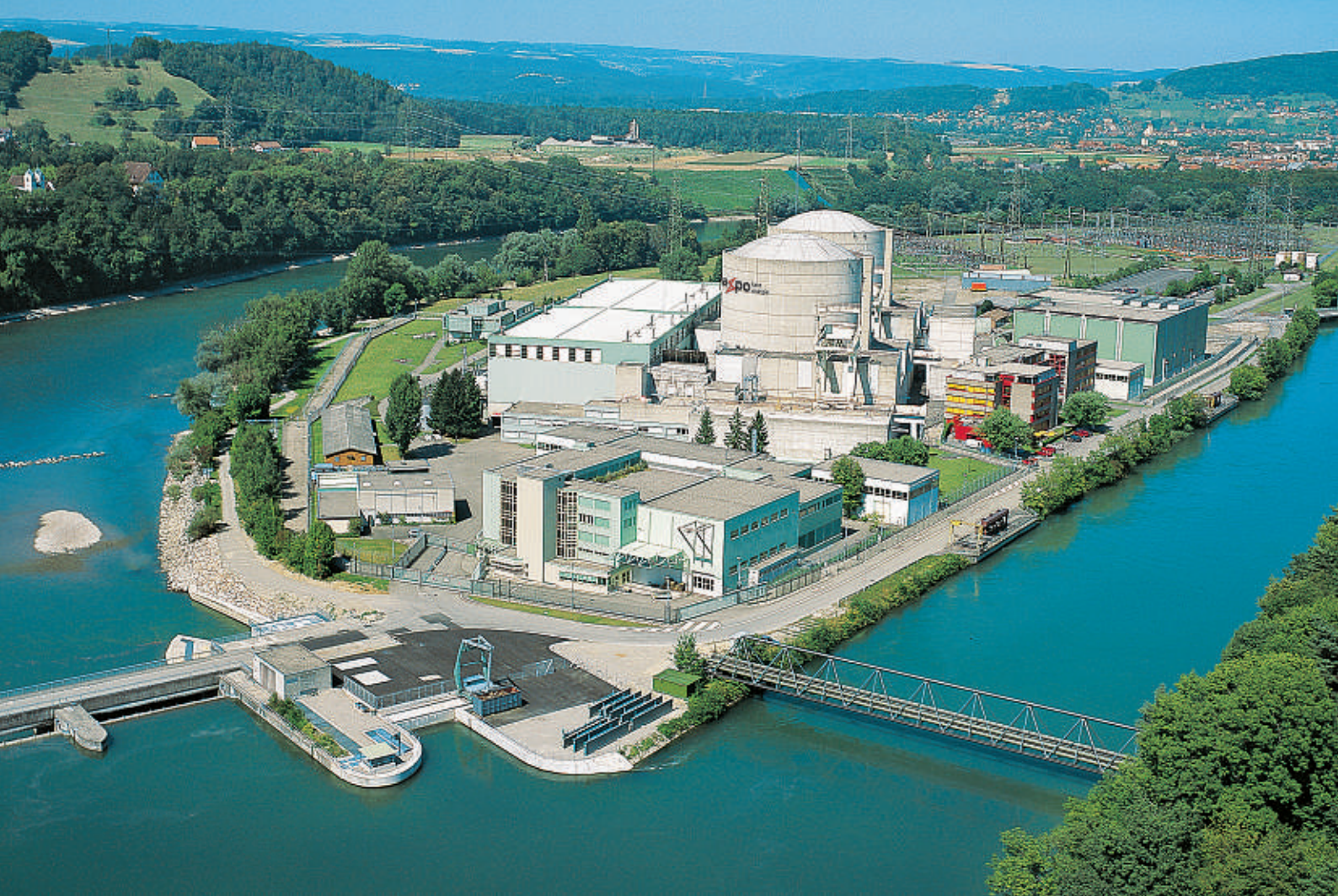
Deep geological repository

Under the terms of the Nuclear Energy Ordinance, those generating waste are required to produce a waste management programme and to update it every five years. The Swiss Federal Office of Energy (SFOE) and ENSI are jointly responsible for reviewing the programme and monitoring compliance. SFOE is responsible for reviewing the waste management budget of a nuclear facility up until the time it is decommissioned. It is also responsible for

reviewing the Nagra Information Concept. ENSI is responsible for reviewing the safety aspects. The report on the Nagra Waste Management Programme together with evaluations by the Swiss Federal authorities were duly submitted to the Swiss Federal Council and in its ruling of 28 August 2013, the latter confirmed that the legislative requirements had been met. The Federal Council also ruled that the next Waste-Management Programme should be submitted in 2016 at the same time as the cost studies.

Stage 2 of the three-stage procedure for site selection (Sectoral Plan for Deep Geological Repositories) started at the end of 2011. For this stage, Nagra announced additional inquiries and ENSI made 41 demands for further investigations. At the request of the Cantons, a review-process to verify the discharge of these demands has been launched in what is known as «Intermediate Technical Meetings». Five such meetings were held in 2013. In addition, information on the methodology used by Nagra to evaluate both safety criteria and safety-based comparisons was provided at technical sessions attended by public authorities.

Some of the data required for the deep geological repository is obtained from research projects conducted at the Rock Laboratories. ENSI has participated in these projects for several years. In 2013, work continued on the international geological research project on Opalinus clay at the Mont Terri Rock Laboratory (Canton of Jura). In addition, ENSI is involved at Mont Terri with its own projects and cooperations. ENSI also continued its involvement in national and international working groups and relevant information platforms. This allows ENSI to monitor international developments in the field of earth sciences and the disposal of waste in deep geological repositories. The results of this work feed into the regulatory activities of ENSI as defined in the Sectoral Plan for Deep Geological Repositories.



Kernkraftwerk Beznau.
Foto: ENSI.

1. Kernkraftwerk Beznau

1.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2013 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 2013 in beiden Blöcken hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als gut, hinsichtlich Betriebs-Vorgaben als hoch sowie hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut. Hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation beurteilt das ENSI die Sicherheit des KKB im Block 1 als hoch und im Block 2 im Jahr 2013 als gut.

Das KKB umfasst zwei weitgehend baugleiche Zwei-Loop-Druckwasserreaktor-Blöcke (KKB 1 und KKB 2), die in den Jahren 1969 und 1971 den Betrieb aufnahmen. Die elektrische Nettoleistung beträgt in beiden Blöcken jeweils 365 MW. Weitere

Daten sind in den Tabellen 1 und 2 im Anhang zusammengestellt. Figur 7a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage.

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

Im Block 1 dauerte der Revisionsstillstand 12 Tage und diente primär dem Brennelementwechsel.

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

Während des 33-tägigen Revisionsstillstands wurden unter anderem Brennelemente ausgewechselt sowie an sicherheitsrelevanten Komponenten Wiederholungsprüfungen durchgeführt. Daneben wurden System- und Komponententests beim Abfahren sowie beim Wiederanfahren der Anlage durchgeführt.

Im Berichtsjahr 2013 sind in beiden Blöcken keine Brennelementschäden aufgetreten.

Die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurden eingehalten. Die radioaktiven Abgaben 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 bewegt sich innerhalb der mehrjährigen Schwankungsbreite auf einem niedrigen Niveau.

Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 100 Inspektionen durchgeführt. Wo erforderlich verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Vier Reaktoroperatoren, zwei Schichtchefs und zwei Picketingenieure bestanden ihre Zulassungsprüfung. Vier Reaktoroperator-Anwärter absolvierten die kerntechnische Grundlagenausbildung an der Reaktorschule des PSI erfolgreich.

1.2 Betriebsgeschehen

Die Blöcke KKB 1 und KKB 2 erreichten im Jahr 2013 eine Arbeitsausnutzung¹ von 96,3% bzw. 90,5% und eine Zeitverfügbarkeit² von 96,7% bzw. 91,0%, wobei die unproduktiven Anteile im Wesentlichen auf die Revisionsstillstände zurückzuführen waren.

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 2013 auf insgesamt 200,1 GWh.

Im **Block 1** ereigneten sich 2013 zwei meldepflichtige Vorkommnisse, welche vom ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt wurden. Für die systematische Sicherheitsbewertung wird auf Kap. 1.9 verwiesen, für die risikotechnische Beurteilung auf Kap. 10.

- Am 17. Juni 2013 musste die Primäre Nebenkühlwasserpumpe C nach einem Wellenbruch ausser Betrieb und an deren Stelle die Pumpe B in Betrieb genommen werden. Die defekte

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

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

Pumpe wurde gegen ein Ersatzaggregat ausgetauscht. Ursache des Wellenbruchs ist ein Schwingungsbruch (vgl. hierzu die Beschreibung des Vorkommnisses vom 9. September 2013 im Block 2). Das Primäre Nebenkühlwassersystem kühlt das Primäre Zwischenkühlsystem, die Containment-Umluftkühler, die Dampferzeuger-Abschlammung sowie die Umluft mehrerer Elektroräume. Diese Funktionen waren während des Ereignisses durch redundante Pumpen permanent gewährleistet. Zur Sicherstellung der Wärmeabfuhr ist eine von drei Pumpen ausreichend.

- Am 25. Juni 2013 führte eine Störung im Regelkreis der Rückkühlung einer Kälteanlage zu einem kurzzeitigen Ausfall der beiden Kältekompressoren. Die betroffene Kälteanlage dient der Raumkühlung des Notstandgebäudes. Die Störung wurde nach einer halben Stunde behoben. Angesichts der kurzen Dauer hatte die Störung keinen Einfluss auf die Verfügbarkeit der Notstandssysteme und auf den Anlagebetrieb. Das KKB hat sich aufgrund wiederholter derartiger Störungen entschieden, die Steuerung der Zu- und Abluftklappen zu vereinfachen. Das Konzept für diese Vereinfachung wurde vom ENSI freigegeben.

Im **Block 2** ereigneten sich im Berichtsjahr fünf Vorkommnisse, welche vom ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt wurden.

- Am 16. April 2013 führte eine Störung im Regelkreis der Rückkühlung einer Kälteanlage zu einem kurzzeitigen Ausfall der beiden Kältekompressoren. Die betroffene Kälteanlage dient der Raumkühlung des Notstandgebäudes. Die Störung wurde nach einigen Minuten behoben. Das Vorkommnis entspricht demjenigen in Block 1 vom 25. Juni 2013. Das vom ENSI freigegebene Konzept zur Vereinfachung der Steuerung der Zu- und Abluftklappen ist die Basis für die Anpassung der Steuerung in beiden Blöcken.
- Am 16. April 2013 fiel die Anzeige einer Niveaumessung im Volumenausgleichstank sprunghaft auf 0. Die redundante Messung zeigte dauernd den erwarteten, korrekten Niveauperlauf an. Der Messumformer wurde von der Fachstelle kontrolliert und neu kalibriert. Danach zeigte er wieder den gleichen Wert an wie der redundante Messkanal. Der fehlerhafte Transmitter und das zugehörige Speisegerät wurden in der Folge zusätzlich ausgetauscht.
- Am 19. Mai 2013 fiel die Anzeige eines Kanals der Neutronenflussmessung im Zwischenbe-



Neuer Dieselgenerator für AUTANOVE.
Foto: KKB.

reich sprunghaft auf den Wert 0%. Die anderen drei Kanäle zeigten den erwarteten, korrekten Wert von 100% an. Die Kontrolle am entsprechenden Schrank zeigte, dass die 24-V-Spannungsversorgung ausgefallen war. Nach dem Austausch des 24-V-Speisegerätes und des Hochspannungsspeisegerätes für den Neutronendetektor war der betroffene Messkanal wieder uneingeschränkt verfügbar. Ursache für das Vorkommnis war ein technischer Defekt im Hochspannungsspeisegerät. Der Ausfall hatte für den Volllastbetrieb keine sicherheitstechnische Bedeutung. Beträgt die Reaktorleistung mehr als 10% der Nennleistung, erfolgt die Neutronenflussüberwachung durch die für den Leistungsbereich vorgesehenen Messkanäle, die im Anforderungsfall eine Reaktorschnellabschaltung auslösen.

- Am 2. September 2013 ergab sich anlässlich einer visuellen Prüfung während des Revisionsstillstandes im Bereich eines Anschlussflansches der Verbindungsleitung zwischen den in Serie geschalteten Rezirkulationspumpen A und C ein Befund. Die anschließende Farbeindringprüfung zeigte zwei registrierpflichtige Rissanzeigen. Eine erneute Farbeindringprüfung nach dem Ausschleifen der betroffenen Stelle ergab eine längere Rissanzeige. Daher wurde der Flansch einschliesslich eines kurzen Rohr-

stücks ersetzt. Die Schweissarbeiten fanden unter Überwachung durch den SVTI-N statt. Als Ursache für den Defekt wurde die mangelhafte Ausführung einer Schweissnaht bei der Herstellung eruiert. Zusammen mit den betriebsbedingten Belastungen führte dies zur beobachteten Rissanzeige. Das Vorkommnis führte zu keiner Leckage und beeinträchtigte die Funktionsfähigkeit der Rezirkulationspumpen nicht. Die visuellen Prüfungen an sämtlichen vergleichbaren Flanschen im Bereich dieser Pumpen zeigten keine Befunde.

- Am 9. September 2013 musste die Primäre Nebenkühlwasserpumpe C nach einem Wellenbruch ausser Betrieb und an deren Stelle die Pumpe B in Betrieb genommen werden. Die defekte Pumpe wurde gegen ein Ersatzaggregat ausgetauscht, das im Vorfeld mit einer Welle aus einem neuen, besser geeigneten Werkstoff ausgerüstet worden war. Die Technische Spezifikation verlangt während des Brennelementwechsels bei gefüllter Reaktorgrube die Verfügbarkeit einer Primären Nebenkühlwasserpumpe. Zum Zeitpunkt des Ereignisses waren zwei in Betrieb. Die Kühlung der durch das Primäre Nebenkühlwassersystem versorgten Komponenten war stets gewährleistet.

Am 18. August 2012 und am 17. Juni 2013 war es zu ähnlichen Schäden an der Primären Ne-

benkühlwasserpumpe C im Block 1 gekommen. Am 18. August 2012 wurde der Wellenbruch bei einer aufgrund einer Störung geplanten Instandsetzung festgestellt. Nach dem ersten Schaden wurde erkannt, dass der bisher eingesetzte Wellenwerkstoff eine zu geringe Kerbschlagzähigkeit aufwies. Dies hat wahrscheinlich den Schwingungsbruch der Wellen begünstigt. Daraufhin hat das KKB neue Wellen aus einem besser geeigneten Werkstoff herstellen lassen und sie bis Ende 2013 in allen Primären Nebenkühlwasserpumpen der Blöcke 1 und 2 sowie in der Reservepumpe eingebaut. Bei der Analyse der ausgebauten Wellen zeigten sich weitere Befunde, die jedoch nicht zu Wellenbrüchen geführt hatten.

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 Anlagetechnik

1.3.1 Revisionsarbeiten

Der **Block 1** wurde vom 28. Mai bis zum 9. Juni 2013 für den Brennelementwechsel abgestellt. Weitere Arbeiten waren System- und Kompen-

tenentests beim Abfahren sowie beim Wiederanfahren der Anlage. Am RDB wurden visuelle Prüfungen durchgeführt, insbesondere am Deckel, an den Regelstabantrieben und an den Regelstab-Antriebsstangengehäusen. Zusätzlich wurden die Lippdichtschweißnähte der Regelstab-Antriebsstangengehäuse in die Prüfungen einbezogen. Es wurden keine bewertungspflichtigen Anzeigen festgestellt. An den Lippdichtschweißnähten wurden keine Borsäureablagerungen gefunden. Im Rahmen der Wiederholungsprüfungen elektrischer und leittechnischer Ausrüstungen wurden alle von der Technischen Spezifikation verlangten wiederkehrenden Funktionskontrollen erfolgreich durchgeführt.

Im Revisionsstillstand des **Blocks 2** vom 16. August bis 18. September 2013 wurden geplante Tätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen mechanischer und elektrischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungsarbeiten durchgeführt. In Ergänzung zu den Revisionsarbeiten wurden diverse Anlagenänderungen vorgenommen (vgl. Kap. 1.3.2).

Nachfolgend sind die wichtigsten zerstörungsfreien Prüfungen aufgeführt:

- Die Mischnaht zwischen Druckhalterstützen und Safe End sowie mehrere austenitische Schweißnähte an der Volumenausgleichslei-

*Schiffstransport
des einen neuen
RDB-Deckels für KKB.
Foto: KKB.*



tung wurden einer mechanisierten Ultraschallprüfung unterzogen. Die Prüfungen wurden vorgängig bei der Qualifizierungsstelle ZfP Schweiz neu qualifiziert. Es waren keine unzulässigen Anzeigen zu verzeichnen. An der Druckhaltermischnaht wurde eine bewertungspflichtige Anzeige detektiert, die jedoch als zulässig bewertet wurde. Die Prüfung wurde vom ENSI inspiziert und hinsichtlich Durchführung und Bewertung der Prüfung als den Anforderungen entsprechend eingestuft.

- Am Dampferzeuger- und am Druckhaltermantel wurden manuelle Ultraschallprüfungen durchgeführt. Diese Prüfungen basierten auf beim Electric Power Research Institute (EPRI) qualifizierten Prüfvorschriften, die mit Zustimmung der Qualifizierungsstelle ZfP Schweiz verwendet werden können. Es wurden keine bewertungspflichtigen Befunde festgestellt.
- An den Lippendichtschweissnähten der Regelstab-Antriebsstangengehäuse wurden visuelle Prüfungen durchgeführt. Es wurden keine Bor säureablagerungen festgestellt.
- Bei der Wirbelstromprüfung aller 30 Kerninstrumentierungsrohre konnten die bekannten Abriebstellen ohne relevante Veränderungen bestätigt werden. Es wurden acht neue Abriebstellen mit sehr geringen Wanddickenschwächungen detektiert. Unzulässige Anzeigen wurden bei dieser Prüfung nicht festgestellt. Die Bewertungsgrundlage war vorgängig vom ENSI geprüft und akzeptiert worden.

Im Rahmen der Wiederholungsprüfungen elektrischer und leittechnischer Ausrüstungen wurden alle von der Technischen Spezifikation verlangten wiederkehrenden Funktionskontrollen erfolgreich durchgeführt.

1.3.2 Anlageänderungen

Im **Block 1** wurde folgende Anlageänderung vorgenommen:

- Im Frischdampfkollektor in der Abblasestation wurde eine verbesserte Entwässerung eingebaut. Im Jahr 2008 war es beim Abfahren zur Revisionsabstellung zu einer Turbinenschnellabschaltung gekommen. Die Ursache konnte erst 2012 gefunden werden, als in der Revisionsabstellung im Frischdampfkollektor in der Abblasestation eine grössere Wassermenge festgestellt wurde. Vermutete Ursache war die Anordnung der Entwässerung. In der folgenden Betriebsperiode wurde die Anordnung tempo-

rär verbessert. Beim Abfahren zum diesjährigen Brennelementwechsel wurde die Funktion des temporären Systems nochmals überprüft. Es kam zu keinen Schwierigkeiten beim Entlasten der Turbogruppen. Anschliessend wurde eine definitive, verbesserte Entwässerung eingebaut.

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

- Während der Revisionsabstellung 2011 waren Teile der Frischdampfleitungen ausgetauscht worden. Das Formstück mit den Abzweigungen zu den Dampferzeuger-Sicherheitsventilen blieb bestehen. Nach den notwendigen Anpassungen zwischen Formstück und neuer Rohrleitung zur Herstellung der Verbindungsnaht wurde eine Wanddickenunterschreitung festgestellt. Der betroffene Bereich wurde in der Revisionsabstellung 2013 durch eine Schmiedehülse ersetzt.
- Wie im Block 1 wurde die Anordnung der Entwässerung des Frischdampfkollektors in der Abblasestation auch im Block 2 verbessert.
- Zur Sicherstellung der Verfügbarkeit von Ersatzteilen drängt sich eine Erneuerung der Antriebseinheiten der Ladepumpen auf. 2013 wurde der Antrieb der ersten von drei Ladepumpen auf Frequenzumrichterbetrieb umgebaut, geprüft und in Betrieb genommen.
- Im Notstandsgebäude wurden Anschlüsse für die Accident-Management-Notstromspeisung installiert. Mit einem Einspeiseversuch konnte die spezifizierte elektrische Versorgung der Verbraucher nachgewiesen werden.
- Während des Revisionsstillstands 2013 wurden drei Niederspannungs-Leistungsschalter in klassischen Schaltanlagen ausgewechselt.

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

Projekte AUTANOVE und HERA

Im Rahmen des Projekts AUTANOVE wird die Erdbbensicherheit der Notstromversorgung verbessert. Für jeden Block des KKB wurde bis Ende 2013 ein Gebäude mit zwei Notstromdieselgeneratoren errichtet. Die Kabelrohrblöcke für die Verbindung mit den bestehenden Gebäuden wurden erstellt. In den Revisionsstillständen 2013 wurden zudem Vorbereitungsarbeiten für die für 2015 geplante Inbetriebnahme der neuen Notstromversorgung ausgeführt. Parallel dazu ist der Austausch der RDB-Deckel geplant (Projekt HERA). Die neuen RDB-Deckel wurden im Jahr 2013 angeliefert.

1.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

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

Während des Revisionsstillstands wurden im Block 1 insgesamt 20 abgebrannte durch 20 neue Brennelemente ersetzt. Diese enthalten als Brennstoff wiederaufgearbeitetes Uran (WAU). Der Reaktorkern des Blocks 1 enthält aktuell im 42. Betriebszyklus 1 Uran-Brennelement und 120 WAU-Brennelemente vom Typ FOCUS.

Auch im Block 2 wurden 20 abgebrannte Brennelemente ersetzt. Von den neuen Brennelementen, die alle WAU-Brennstoff enthalten, sind 16 Brennelemente vom Typ FOCUS und 4 Brennelemente vom Typ AGORA 4H. Brennelemente vom Typ AGORA 4H werden erstmalig im KKB eingesetzt. Der Reaktorkern enthält im 40. Betriebszyklus 8 Uran-Brennelemente und 113 WAU-Brennelemente.

Es sind keine Brennelemente mit Uran/Plutonium-Mischoxid (MOX) mehr im Einsatz.

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

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 Kernauslegungsberechnungen überein. Die Betriebsgrenzen wurden eingehalten.

1.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2013 wurden im KKB folgende Kollektivdosen ermittelt:

Kollektivdosis	KKB 1	KKB 2	KKB 1 und 2
Revisionsstillstand	85 Pers.-mSv	220 Pers.-mSv	305 Pers.-mSv
Leistungsbetrieb	40 Pers.-mSv	39 Pers.-mSv	79 Pers.-mSv
Gesamtes Jahr	125 Pers.-mSv	259 Pers.-mSv	384 Pers.-mSv

Im Kalenderjahr 2013 wurde in den beiden Blöcken des KKB eine Kollektivdosis von 384 Pers.-mSv verzeichnet. Die höchste im KKB registrierte Individualdosis betrug 6,2 mSv und lag deutlich unterhalb des Dosisgrenzwerts nach Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Es wurden weder Personenkontaminationen, die nicht mit herkömmlichen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen über der Triageschwelle gemäss Dosimetrieverordnung festgestellt.

Beim Abfahren des Blocks 1 zum geplanten Brennelementwechsel gab es keine Hinweise auf Brennelementschäden. Die geplante Stillstandsdauer von 12 Tagen konnte eingehalten werden. Die akkumulierte Kollektivdosis betrug 85 Pers.-mSv und lag damit unterhalb der Planungs-dosis von 103 Pers.-mSv. Grund dafür war eine im KKB erstmals in dieser Art durchgeführte Inspektion des Reaktordeckels. Es lagen deshalb nicht hinreichende Erfahrungen vor, um den Zeitaufwand der Einzelschritte korrekt abschätzen zu können.

Im Berichtsjahr wurde im Block 2 eine Revisionsabstellung durchgeführt. Das Abfahren der Anlage verlief ebenfalls ohne Hinweise auf Brennelementschäden. Die Stillstandsdauer betrug 33 Tage und führte zu einer Kollektivdosis von 220 Pers.-mSv. Die Planungs-dosis von 287 Pers.-mSv wurde damit unterschritten. Der Hauptgrund für die tiefere Kollektivdosis ist die Forderung des KKB-Strahlenschutzes, nur Gerüstpersonal mit Erfahrung in Kernkraftwerken einzusetzen. Dazu kommt, dass aus Sicht des Strahlenschutzes sämtliche Revisionsarbeiten problemlos durchgeführt werden konnten.

Bei einer Inspektion stellte das ENSI fest, dass Revisionsarbeiten an einer Pumpe des Primären Zwischenkühlsystems ohne die vorgeschriebene Freigabe des Strahlenschutzes begonnen wurden. Ausserdem missachteten zwei Mitarbeiter des KKB die Absperrungen des Strahlenschutzes im Bereich der Verbindung vom Dampferzeuger zur Reaktor-



Blick in einen der beiden Kommandoräume des KKB.
Foto: KKB.

hauptpumpe. Das ENSI forderte von der Kraftwerksleitung, geeignete Massnahmen zu treffen, um die Einhaltung der strahlenschutztechnischen Vorschriften und Weisungen des KKB durchzusetzen. Bei anschliessenden Inspektionen des ENSI wurde korrektes Verhalten des Personals bezüglich den Vorgaben des Strahlenschutzes festgestellt.

Das ENSI stellt fest, dass das Eigenpersonal des KKB-Strahlenschutzes mit Unterstützung durch externe Strahlenschutzfachkräfte zielgerichtet und professionell arbeitet. Die in früheren Aufsichtsberichten des ENSI angesprochenen Personalfluktuations in der Leitung des operationellen Strahlenschutzes waren auch im Berichtsjahr 2013 ein Thema. Das KKB strebt erneut eine langfristige Lösung an.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Dies 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 ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen weniger als

0,001 mSv für Erwachsene, weniger als 0,001 mSv für Zehnjährige und rund 0,001 mSv für Kleinkinder und lagen deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss der Richtlinie ENSI-G15. Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an ausgewählten Stellen am Zaun des Kraftwerksareals 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 2013 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 20 m³ etwas niedriger als im Vorjahr. Der Anfall bewegt sich innerhalb der mehrjährigen Schwankungsbreite auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKB vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt (Nebenanlagegebäude, ZWIBEZ). Ihr Bestand liegt mit 86 m³ im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brenn- und schmelzbare Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der Zwiag bereitgestellt. Ausserdem wurden 180 Abluftfilter an die Zwiag zur Behandlung in der dortigen Konditionierungsanlage abgegeben.

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 7 Abfallgebindetypen aus der früheren PSI-Produktion. Im Berichtsjahr wurden verbrauchte Ionenaustauscherharze und Schlämme konditioniert.

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. Bei der jährlichen Inspektion des Lagergutes wurden keine meldepflichtigen Befunde gemäss den Kriterien der Richtlinie ENSI-B03 festgestellt. 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.

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

Informationen zu Wiederaufarbeitungsabfällen und zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente finden sich gesamthaft für alle Werke im Kapitel 8.



Maschinenhaus mit Turbinen und Generatoren (rot). Foto: KKB.

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 November anlässlich der Gesamtnotfallübung ODYSSEUS, an der das KKB zusammen mit dem KKL teilnahm, die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Zeitgleich mit dem Beginn der Übung im KKL wurde ein Erdbeben mit einer Stärke knapp unterhalb des Sicherheitserdbebens mit Ausfall aller externen Stromversorgungen postuliert. Mit dem Nachbeben sechs Stunden später verloren beide Blöcke ihre Wärmesenke. Im Block 1 wurde das Brennelement-Lagerbecken beschädigt. Der Zutritt zum Brennstofflager zur Wiederherstellung der Kühlung des sich auf Siedetem-

peratur aufgeheizten Brennelement-Lagerbeckens durch Notfallmassnahmen war erst im Verlauf des folgenden Tages wieder möglich. Bei der Einrichtung des Ersatznotfallraums wie auch bei der Handhabung der Notfallunterlagen wurden Optimierungsmöglichkeiten identifiziert.

Aufgrund seiner Übungsbeobachtung kam das ENSI zum Schluss, dass die Ziele gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Das KKB verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

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

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

1.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr hat sich der Personalbestand des KKB leicht auf 544 Personen erhöht (Ende 2012: 541), was u.a. mit dem Personalbedarf für Projekte sowie mit den Einarbeitungszeiten neuer Mitarbeiter und dem Know-how-Transfer zusammenhängt. Das KKB hat im Jahr 2013 keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen.

Das Managementsystem des KKB besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2008. Das ENSI führte eine Inspektion der Regelungen im Managementsystem zur Qualitätssicherung von Dokumenten durch. Diese erfüllen die Anforderungen bis auf einen geringfügigen Verbesserungsbedarf.

Im Jahr 2013 hat das ENSI mit dem KKB eine Fachsitzung zur Personalplanung durchgeführt. Behandelt wurde die Frage, ob bis zum Zeitpunkt der Ausserbetriebnahme und während der Stilllegung ausreichend qualifiziertes und motiviertes Personal zur Verfügung steht. Die Personalplanung ist auf eine Betriebsdauer von 60 Jahren ausgerichtet. Diese Annahme stellt keinen strategischen Entscheid der Axpo bezüglich des Zeitpunkts der endgültigen Ausserbetriebnahme des KKB dar.

Im Berichtsjahr wurden die Leitung der Abteilung Reaktor und Sicherheit sowie die Leitung der Abteilung Administration neu besetzt.

Im Berichtsjahr bestanden vier Reaktoroperateur-Anwärter des KKB die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenbildung an der Reaktorschule des PSI. Dies ist eine Voraussetzung für

die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Die Ausbildung vermittelt die erforderlichen theoretischen Kenntnisse auf den Gebieten der thermischen Kraftwerkstechnik, Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz.

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

Das ENSI hat eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2012 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2013 der Abteilung Betrieb durchgeführt. Gegenstand waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator und die allgemeine Wiederholungsschulung. Ferner wurden das Dokumentationskonzept der Ausbildung des nicht zulassungspflichtigen Personals sowie die Ausbildung des Fremdpersonals auf Einhaltung der Vorgaben der VAPK und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Das Ausbildungsprogramm erfüllt die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B10.

1.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Ende 2012 hatte das KKB fristgerecht den ersten Teil der von der Kernenergieverordnung im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) geforderten Dokumentation eingereicht. Das ENSI unterzog die eingereichten Dokumente einer Grobprüfung und forderte, wo notwendig, Ergänzungen. Die vertiefte Prüfung der Unterlagen war im Berichtsjahr noch im Gang.

Ende 2013 reichte das KKB entsprechend der vom ENSI im Jahr 2011 auf Antrag gewährten Fristerstreckung den zweiten Teil der PSÜ-Dokumentation ein. Die Fristerstreckung betraf Teile der PSA und Störfallanalysen. Hintergrund ist die Aktualisierung der Analysen unter Berücksichtigung der durch die Nachrüstung AUTANOVE veränderten Anlagenkonfiguration.

1.9 Sicherheitsbewertung

1.9.1 Block 1: Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2013 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System sämtliche Inspektionsgegenstände, Ergebnisse von Zulassungsprüfungen, Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen und Sicherheitsindikatoren bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit (einschliesslich für beide Blöcke relevante Beurteilungen). Dabei kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

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

Sicherheitsbewertung 2013 KKB 1: Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

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

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Ein Wellenbruch führte zu einer Nichtverfügbarkeit einer Primären Nebenkühlwasserpumpe.
- Ursache dieses Wellenbruchs war eine ungenügende Qualität des verwendeten Werkstoffs. Diese Ursache betraf mehrere Wellen zu verschiedenen Zeitpunkten und in beiden Blöcken (vgl. Beschreibung des Vorkommnisses vom 9. September 2013 im Block 2) und stellt somit einen Common-Cause-Fehler dar.

Ebene 2, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die unter Ebene 1 genannte Nichtverfügbarkeit einer Primären Nebenkühlwasserpumpe war auch für die Ebene 2 von Bedeutung.
- Die unter Ebene 1 genannte ungenügende Werkstoffqualität war auch für die Ebene 2 von Bedeutung.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Eine Störung führte zu einem kurzzeitigen Ausfall der Raumkühlung des Notstandgebäudes.
- Die unter Ebene 1 genannte Nichtverfügbarkeit einer Primären Nebenkühlwasserpumpe war auch für die Ebene 3 von Bedeutung.
- Die unter Ebene 1 genannte ungenügende Werkstoffqualität war auch für die Ebene 3 von Bedeutung.

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

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

Sicherheitsbewertung 2013 KKB 1: Schutzziel-Perspektive

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

1.9.2 Block 1: Gesamtbewertung

Auslegungsvorgaben

- Bei der Beurteilung der Auslegungsvorgaben hat das ENSI Erkenntnisse aus der letzten Periodischen Sicherheitsüberprüfung PSÜ sowie aus dem EU-Stresstest herangezogen und dabei die Auslegung der Anlage bezüglich Redundanzgrad, Diversität, räumlicher Separation und Robustheit gegen auslösende Ereignisse bewertet. Da die Auslegungsvorgaben des KKB die Minimalanforderungen und den Stand ausländischer Anlagen desselben Typs übertreffen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich Auslegungsvorgaben als gut.

Betriebs-Vorgaben

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

Zustand und Verhalten der Anlage

- Das ENSI beurteilt die Nichtverfügbarkeit einer Primären Nebenkühlwasserpumpe und den Ausfall der Raumkühlung des Notstandgebäudes als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Da keine Bewertungen der Kategorien A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als hoch. Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

1.9.3 Block 2: Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2013 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System sämtliche Inspektionsgegenstände, Ergebnisse von Zulassungsprüfungen, Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen und Sicherheitsindikatoren bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit (einschliesslich für beide Blöcke relevante Beurteilungen). Dabei kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

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

Sicherheitsbewertung 2013 KKB 2: Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

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

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Eine Elektronikstörung führte zur Nichtverfügbarkeit eines Messkanals der Neutronenflussinstrumentierung für den Zwischenbereich.
- Ein Wellenbruch führte – wie im Block 1 – zu einer Nichtverfügbarkeit einer Primären Nebenkühlwasserpumpe.
- Ursache dieses Wellenbruchs war – wie im Block 1 – eine ungenügende Qualität des verwendeten Werkstoffs. Diese Ursache betraf mehrere Wellen und stellte somit einen Common-Cause-Fehler dar.

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

- Revisionsarbeiten an einer Pumpe des Primären Zwischenkühlsystems wurden ohne die vorgeschriebene Freigabe durch den Strahlenschutz begonnen.
- Im Bereich der Verbindung vom Dampferzeuger zur Reaktorhauptpumpe missachteten zwei Mitarbeiter die Absperrungen des Strahlenschutzes.

Ebene 2, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Eine Elektronikstörung führte zur Nichtverfügbarkeit einer Redundanz der Füllstandsmessung des Volumenausgleichstanks des Chemie- und Volumenregelsystems. Diese Messstelle ist eine von mehreren Möglichkeiten zur Erkennung von Leckagen aus dem Reaktorkühlsystem und löst einen Alarm des Anlageinformationssystems aus.
- Die unter Ebene 1 genannte Nichtverfügbarkeit einer Primären Nebenkühlwasserpumpe war auch für die Ebene 2 von Bedeutung.
- Die unter Ebene 1 genannte ungenügende Werkstoffqualität war auch für die Ebene 2 von Bedeutung.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Eine Störung führte zu einem kurzzeitigen Ausfall der Raumkühlung des Notstandgebäudes.
- An einer Verbindung zwischen zwei Rezirkulationspumpen wurde ein nicht wanddurchdringender Riss festgestellt.
- Die unter Ebene 1 genannte Nichtverfügbarkeit eines Messkanals der Neutronenflussinstrumentierung war auch für die Ebene 3 von Bedeutung.
- Die unter Ebene 1 genannte Nichtverfügbarkeit einer Primären Nebenkühlwasserpumpe war auch für die Ebene 3 von Bedeutung.
- Die unter Ebene 1 genannte ungenügende Werkstoffqualität war auch für die Ebene 3 von Bedeutung.

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				
Kontrolle der Reaktivität			A	N
Kühlung der Brennelemente			A	N
Einchluss radioaktiver Stoffe		V	A	A
Begrenzung der Strahlendosis		V	N	A
schutzzielübergreifende Bedeutung	N	V	A	N

Sicherheitsbewertung 2013 KKB 2: Schutzziel-Perspektive

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

1.9.4 Block 2: Gesamtbewertung

Auslegungs-Vorgaben

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

Betriebs-Vorgaben

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

Zustand und Verhalten der Anlage

- Das ENSI beurteilt die Nichtverfügbarkeit eines Messkanals der Neutronenflussinstrumentierung für den Zwischenbereich, die Nichtverfügbarkeit einer Primären Nebenkühlwasserpumpe, die Nichtverfügbarkeit einer Redundanz der Füllstandsmessung des Volumenausgleichstanks des Chemie- und Volumenregelsystems, den Ausfall der Raumkühlung des Notstandgebäudes und den nicht wanddurchdringenden Riss an einer Verbindung zwischen zwei Rezirkulationspumpen als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Aufgrund der geringen Bedeutung der einzelnen Abweichungen bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage insgesamt als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Das ENSI beurteilt den Beginn der Revisionsarbeiten an einer Pumpe des Primären Zwischenkühlsystems ohne die vorgeschriebene Freigabe des Strahlenschutzes und die Missachtung von Absperrungen des Strahlenschutzes im Bereich der Verbindung vom Dampferzeuger zur Reaktorhauptpumpe als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als gut.

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.



Kernkraftwerk
Mühleberg.
Foto: ENSI.

2. Kernkraftwerk Mühleberg

2.1 Überblick

Im Betriebsjahr 2013 waren im Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) neben dem geplanten Revisionsstillstand mit Brennelementwechsel zwei störungsbedingte Leistungsreduktionen sowie zwei geplante Zwischenabschaltungen zur Durchführung von Instandhaltungsmassnahmen zu verzeichnen. Das ENSI stellt fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen im Betriebsjahr 2013 immer eingehalten wurden. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKM im Jahr 2013 hinsichtlich Auslegungsvorgaben, Betriebsvorgaben, Zustand und Verhalten der Anlage sowie Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als gut.

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) der BKW Energie AG, welches seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1972 aufnahm, ist eine Siedewasserreaktor-Anlage mit 373 MW elektrischer Nettoleistung. Weitere Daten der Anlage sind in den Tabellen 1

und 2 des Anhangs zu finden. Figur 7b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage. Im Berichtsjahr waren im KKM dreizehn meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, welche das ENSI auf der internationalen Ereignisskala INES alle der Stufe 0 zuordnete.

Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 97 Inspektionen durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung. Während des Revisionsstillstands vom 11. August bis 7. September 2013 wurden neben dem Brennelementwechsel und den üblichen Revisionsarbeiten umfangreiche Wiederholungsprüfungen durchgeführt. Dabei wurden keine Befunde festgestellt, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen.

Im Berichtsjahr sind keine Brennelementschäden aufgetreten.

Die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen

wurden eingehalten. Die radioaktiven Abgaben lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte.

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

Das KKM hat im Berichtsjahr keine grösseren Anpassungen seiner Organisation vorgenommen. Im Berichtsjahr legten drei Schichtchefs und zwei Reaktoroperateure ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Mit dem Entscheid der BKW vom 29. Oktober 2013, auf einen unbefristeten Langzeitbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg zu verzichten und das KKM im Jahr 2019 endgültig ausser Betrieb zu nehmen, liegt bezüglich der Planung von Nachrüstmassnahmen eine neue Situation vor. Das Nachrüstprogramm DIWANAS, welches das KKM in den letzten zwei Jahren ausgearbeitet hatte, wird nicht umgesetzt. Mit Blick auf den Langzeitbetrieb des KKM waren zahlreiche Nachrüstungen geplant. Anstelle des Projektes DIWANAS sind andere Massnahmen zu realisieren, um einen ausreichenden Sicherheitsgewinn zu erreichen. Das ENSI wird auf Grund der bis Ende Juni 2014 vorzulegenden Konzepte entscheiden, ob die geplanten Massnahmen für den Weiterbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg bis 2019 genügen.

2.2 Betriebsgeschehen

Das Kernkraftwerk Mühleberg erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 89,9% und eine Zeitverfügbarkeit von 90,8%. Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war hauptsächlich durch den Revisionsstillstand und zwei Zwischenabschaltungen zur Durchführung von Instandhaltungsmassnahmen bedingt (siehe unten).

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 Sommer 2013. Daneben wurde die Anlage zweimal zur Durchführung von Instandhaltungsmassnahmen für wenige Tage abgeschaltet:

- Im Januar 2013 wurde eine Zwischenabschaltung vorgenommen, um verschiedene Instandhaltungsarbeiten durchzuführen. Dabei wurde sowohl eine Fehlfunktion der Reinigungsanlage eines Kondensators der Hauptwärmesenke behoben als auch die Gleitringdichtung der Reaktorumwälzpumpe B ersetzt.

- Im Mai 2013 wurde die Anlage nochmals zum Austausch der Gleitringdichtung der Reaktorumwälzpumpe B abgeschaltet. Seit dem 13. April 2013 war eine Leckage beobachtet worden, welche einen erneuten Tausch der Dichtung notwendig machte. Den Schadensmechanismus der seit 2003 bekannten Schadensbilder bezeichnet der Hersteller der Gleitringdichtung als Elektrokorrosion. In der Jahresrevision 2013 wurde bei dieser Umwälzpumpe ein neuer Dichtungstyp mit geänderter Materialzusammensetzung eingesetzt.

Im Berichtsjahr waren dreizehn meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, welche das ENSI alle auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zuordnete. Für die systematische Sicherheitsbewertung wird auf Kap. 2.9 verwiesen, für die risikotechnische Beurteilung auf Kap. 10.

- Am 1. Januar 2013 kam es zu einem Ausfall der Edelgas-, Iod- und Aerosolmessung im Kamin während rund 5 Stunden. Ursache war der Ausfall zweier Gebläse für die Probenahme durch Überstromauslösung. Als fehlerhafte Komponente wurde ein Relais identifiziert und ersetzt. Als Ersatz für die ausgefallene radiologische Kaminfortluftüberwachung nahm das KKM zwischenzeitlich ein redundantes System in Betrieb.

- Am 19. Januar 2013 konnte beim Abfahren der Anlage für eine geplante Zwischenabschaltung einer der vier Weitbereichsdetektoren der Neutronenflussmessung nicht eingefahren werden. Die Reaktorleistung betrug zu diesem Zeitpunkt rund 10%. Ursache war eine Störung in der Steuerung des Antriebssystems des betroffenen Detektors. Der Kontaktstift eines Positionsschalters war verschoben, was zu einem Kontaktfehler führte. Durch die Prüfung der einzelnen Signale konnte dieser gefunden und mechanisch behoben werden. Die anschliessenden Ein- und Ausfahrttests verliefen erfolgreich. Die betroffene Schaltereinheit wurde am folgenden Tag ersetzt. Die drei redundanten Weitbereichsneutronenflussmessungen standen jederzeit zur Verfügung und hätten im Anforderungsfall die Reaktorschnellabschaltung sichergestellt.



Blick in den Kommandoraum des KKM.
Foto: KKM.

- Am 29. Januar 2013 wurde bei einem Rundgang im SUSAN-Gebäude eine Tropfleckage im Zwischenkühlwassersystem festgestellt. Der betroffene Rohrabschnitt lag an einer Halterung der Verbindungsleitung zwischen zwei Pumpen dieses Systems. Ursache des Risses waren montagebedingte Zugspannungen in Kombination mit Belastungen aus betrieblichen Druckschlägen. Durch konstruktive Massnahmen wurde sichergestellt, dass es bis zur Reparatur des betroffenen Bereiches in der Jahresrevision 2013 zu keinem weiteren Risswachstum kommen konnte. An weiteren gleichartigen Halterungen wurden keine Hinweise auf Schädigungen gefunden.
- Am 13. März 2013 wurde am hydraulischen Steuerelement eines Speisewasserregelventils eine Ölleckage festgestellt. Das KKM entschied sich, einen Funktionstest dieses Ventils durchzuführen, bei dem es auf 80% Öffnung gefahren werden sollte. Während des Tests kam es jedoch zu einem kurzzeitigen, fast vollständigen Schliessen des Regelventils. Dies löste auslegungsgemäss eine automatische, korrekt abgelaufene Leistungsreduktion auf 70% aus. Nach dem Austausch des defekten Steuerelementes funktionierte die Regelung wieder ordnungsgemäss und die Leistung der Anlage wurde wieder auf 100% gefahren.
- Am 18. April 2013 kam es bei der Umschaltung der Zwischenkühlwasserpumpe B des Reaktorgebäudekreislaufes auf Pumpe A zu einem fehlerhaften Öffnen eines Schalters der 380-V-Eigenbedarfsanlage. In der Folge war eine 380-V-Schiene während 46 Minuten spannungslos und die von dieser Schiene versorgten Systeme waren nicht verfügbar. Betroffen waren insbesondere ein Strang des Abfahr- und Toruskühlsystems und ein Strang des Notabluftsystems. Die redundanten Stränge standen uneingeschränkt zur Verfügung. Obwohl das fehlerhafte Öffnen des Schalters nicht reproduziert werden konnte, wurde er ersetzt. Bei Schaltern des betroffenen Typs wurde im KKM bisher noch kein gleichartiger Ausfall verzeichnet.
- Am 19. Mai 2013 wurde ein fehlerhaftes Verhalten einer Messstelle für die Dosisleistung in der Abluft aus dem Reaktorgebäude festgestellt. Der Messwert schwankte stark, während die anderen drei Messstellen normale Werte zeigten. Die Ursache lag in einem defekten Strom/Frequenz-Wandler, der ausgetauscht wurde. Die Überwachung der Abluft war durch die drei normal funktionierenden Messstellen jederzeit gewährleistet. Ebenso wäre die Isolation der Lüftung im Anforderungsfall sichergestellt gewesen.
- Am 20. Juni 2013 kam es zu einem analogen Vorkommnis wie am 19. Mai 2013. Aus diesem Grund wurde auch hier als Ursache ein defekter Strom/Frequenz-Wandler vermutet. Das Fehlverhalten der Strom/Frequenz-Wandler konnte bei der Durchführung zusätzlicher Prüfungen



Speisewasserpumpen. Foto: KKM.

unter erhöhten Betriebstemperaturen reproduziert werden. Dabei wurde festgestellt, dass ein falsch gepolter Tantal-Kondensator das Fehlverhalten verursacht hatte. In der Jahresrevision 2013 wurden in Zusammenarbeit mit dem Lieferanten sämtliche Strom/Frequenz-Wandler des betroffenen Typs überprüft und die beim Hersteller falsch eingebauten Tantal-Kondensatoren ausgetauscht. Die Überwachung der Abluft war durch die drei normal funktionierenden redundanten Messstellen auch am 20. Juni 2013 jederzeit gewährleistet. Ebenso wäre die Isolation der Lüftung im Anforderungsfall sichergestellt gewesen. Wäre es zu einem gleichzeitigen Ausfall mehrerer Messstellen gekommen, hätte dies entsprechend der konservativen Auslegung zu einer radiologisch nicht notwendigen Isolation der Lüftung des Reaktorgebäudes in Sinne des Fail-Safe-Prinzips führen können.

- Am 16. Juli 2013 wurde eine der beiden Divisionen des alternativen Niederdruckkernsprühsystems zum Funktionstest gestartet. Rund zwei Stunden später fiel die Pumpe dieser Division aus. Ursache war ein Fehlverhalten eines thermischen Überstromrelais. Nach dessen Ersatz wurde der Testlauf erfolgreich wiederholt. Es ist von einem Einzelfehler auszugehen.
- Das KKM führt während jeder Jahresrevision Kritikalitätstests durch. Bei abgeschaltetem Reaktor finden Tests vor dem Entladen und nach dem Beladen des Reaktorkerns statt. Dabei werden Steuerstäbe in geplanten Sequenzen manuell aus- und wieder eingefahren, um die Abschaltreaktivität zu überprüfen. Bei den Kritikalitätstests am 14. August 2013, nach dem

Abfahren der Anlage zur Jahresrevision und vor dem Entladen des Reaktorkerns, kam es bei einer Sequenz zu einer Reaktorschnellabschaltung aufgrund des Signals «Neutronenfluss im Quellbereich hoch». Eine Überprüfung ergab, dass keine Funktionsstörung vorlag und sich die Anlage auslegungsgemäss verhalten hatte. Die Tests konnten wie geplant mit weiteren Sequenzen fortgeführt werden. Der entsprechende Test vor dem Wiederanfahren verlief störungsfrei. Die Ursache für das Vorkommnis liegt in der Testdurchführung: Der Test wird relativ nahe am Auslösegrenzwert der Reaktorschnellabschaltung durchgeführt. Entsprechend ist die Zeit zum manuellen Einfahren der Steuerstäbe knapp, bevor das Reaktorschutzsystem automatisch eingreift. Am 14. August 2013 erfolgte der Auftrag zum Einfahren der Steuerstäbe zu spät. Zur Vermeidung ähnlicher Vorkommnisse sieht das KKM eine Anpassung der Testprozedur mit anschliessender Schulung vor. Das Anlageverhalten entsprach der Auslegung. Die Kontrolle der Reaktivität war jederzeit sichergestellt.

- Wegen einer geplanten Änderung der Auslöselogik der Ölabbsteuerventile wurde der postulierte Störfall «Brand an einer Turbine» neu analysiert. Diese Ventile unterbinden im Brandfall die Steuerölversorgung und reduzieren dadurch die Brandlast. Bei der Analyse wurde festgestellt, dass die Betriebsgrenze OLMCPR für die aktuelle Kernbeladung nicht ausreichend konservativ festgelegt war. Angemessen gewesen wäre ein um 0,01 höherer Wert. Die Meldung an das ENSI erfolgte am 22. August 2013. Diese Betriebsgrenze stellt sicher, dass es bei der ungünstigsten zu betrachtenden Transiente bei mindestens 99,9% der Brennstäbe im Reaktor nicht zu einer Siedekrise kommt. Als Siedekrise bezeichnet man einen infolge sich ändernder Bedingungen abrupt verschlechterten Wärmeübergang vom Hüllrohr ans Kühlmittel. Als Sofortmassnahme hat das KKM kompensatorisch den thermischen Grenzwert zur Überwachung der kritischen Leistung um 0,05 reduziert und deckte damit die Unsicherheiten im laufenden Zyklus ab. Die Vorgaben der Technischen Spezifikation wurden jederzeit eingehalten.
- In der Jahresrevision 2013 wurden visuelle Inspektionen am Wasserabscheider im RDB durchgeführt. Der Wasserabscheider trennt die vom aus dem Reaktorkern aufsteigenden Dampf mitgerissenen Wassertropfen ab und verhin-

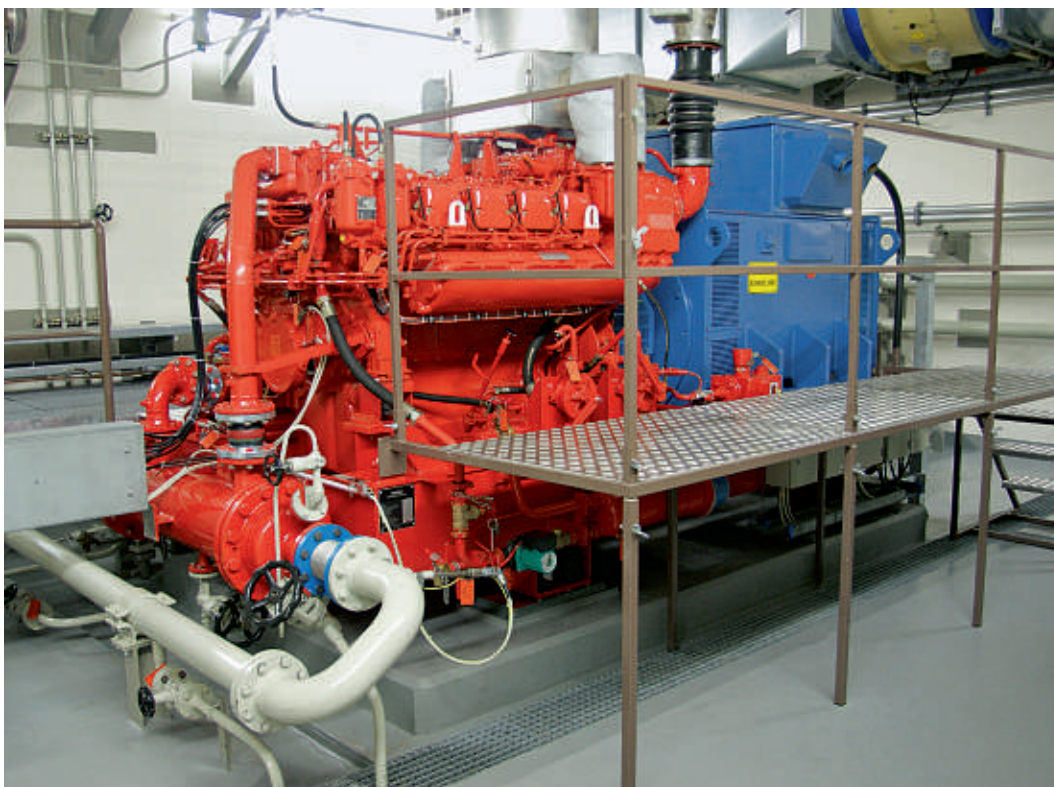
dert, dass diese in die Frischdampfleitung gelangen. Bei der Inspektion wurden vier gebrochene Befestigungsrippen an einem Standrohr festgestellt. Der Befund wurde dem ENSI am 28. August 2013 gemeldet. Wahrscheinlich wurde dieses Standrohr bei der Fertigung oder beim Transport überbeansprucht. Es wurde nachgewiesen, dass für das betroffene Standrohr auch ohne die Befestigungsrippen ausreichende Sicherheitsmargen bei allen relevanten Lastfallkombinationen vorliegen. Das Standrohr ist durch sechs Streben weiterhin mit dem restlichen Wasserabscheider verbunden. Die Integrität der Standrohre des Wasserabscheiders und ihrer horizontalen und vertikalen Befestigungen wird in den folgenden Jahresrevisionen mittels visueller Inspektion gezielt auf Veränderungen überprüft.

- Während des Anfahrens der Anlage nach der Jahresrevision 2013 wurde am 6. September 2013 eine Steuerluftleckage am Flansch zum pneumatischen Vorsteuerventil eines Sicherheits- und Abblaseventils festgestellt. Infolge dieser Steuerluftleckage war die Funktion des Ventils nicht sichergestellt. Die Anlage wurde abgestellt und die Flanschverbindung neu montiert. Die Beschädigung der Flanschverbindung war auf eine Nachbarleitung zurückzuführen, welche infolge Wärmeausdehnung auf die betroffene Steuerluftleitung drückte. Die Halterung

und die Leitungsführung der Nachbarleitung wurden so angepasst, dass sich die Leitungen auch bei Wärmeausdehnung nicht berühren.

- Am 20. November 2013 fiel beim Test des Abfahrkühlsystems eine Reaktorumwälzpumpe aus. Im Rahmen dieses Tests wurde die Umschaltautomatik der Druckerhöhungspumpen geprüft, wobei ein Schalter versagte. Ursache war ein defektes Relais, das ausgetauscht wurde. Beim anschliessenden Funktionstest des neu eingesetzten Relais wurde eine falsche Trennklemme geöffnet. Dadurch kam es zur Abschaltung der Reaktorumwälzpumpe. Die Anlage reagierte auslegungsgemäss mit einer Leistungsreduktion durch Runback der anderen Umwälzpumpe. Die Betriebsmannschaft löste anschliessend gemäss Betriebsvorschrift einen Teilschramm aus. Die irrtümlich geöffnete Trennklemme wurde geschlossen und die ausgefallene Reaktorumwälzpumpe wieder in Betrieb genommen. Anschliessend wurde die Leistung wieder auf 100% erhöht. Ursache des Öffnens der falschen Trennklemme war die unklare Kommunikation.

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.



Notstrom-Dieselaggregat.
Foto: KKM.

Schleuse zwischen
RDB und
Brennelementbecken.
Foto: KKM.



2.3 Anlagetechnik

2.3.1 Revisionsarbeiten

Die Revisionsarbeiten begannen am 11. August 2013 und dauerten bis zum 7. September 2013. Während dieser Zeit wurden geplante Tätigkeiten wie Brennelementwechsel und Brennelementinspektionen, Inspektionen elektrischer und mechanischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt.

Schwerpunkte bei den Wiederholungsprüfungen an mechanischen Komponenten waren visuelle Prüfungen der Kerneinbauten im Reaktordruckbehälter (RDB), Ultraschall- und Wirbelstromprüfungen an vier Rundnähten des Kernmantels sowie an zwei Frischdampfstützen. Folgende Prüfungen sind hervorzuheben:

- Vier Horizontalschweißnähte des Kernmantels wurden von der Aussenseite mechanisiert mit Ultraschall auf Risse geprüft. Seit 2011 wird ein qualifiziertes Prüfsystem eingesetzt. Das Längenwachstum der Risse liegt im Bereich der Werte, die zwischen 1994 und 2011 gemessen wurden. Die Tiefenausdehnung der Risse blieb im Rahmen der Messgenauigkeit unverändert.

Die erste Messung an der unteren Schweißnaht ergab insgesamt drei Anzeigen, die relativ kleine Abmessungen aufweisen. Bei keiner dieser Prüfungen ergaben sich unzulässige Befunde.

- Die visuelle Prüfung der RDB-Einbauten wurde nach einem qualifizierten Prüfverfahren mit verbesserten Kamerasystemen durchgeführt. Die geprüften Einbauten befanden sich in einem guten Zustand. Im Bereich der Speisewasserverteiler wurden neue Anzeigen festgestellt. Daneben wurden Befunde am Wasserabscheider (siehe Kap. 2.2) und an einer Schweißnaht der Instrumentierungsleitung einer Strahlpumpe gefunden. Alle Befunde wurden als zulässig bewertet. Es wurde nachgewiesen, dass sie die Anlagesicherheit nicht beeinträchtigen.
- Am RDB wurden sechs Steuerabstdurchführungen mit einem mechanisierten Ultraschall- und Wirbelstromprüfsystem untersucht. Es wurden keine Hinweise auf unzulässige Fehler festgestellt.
- Bei der Prüfung von 30 Bolzen am Reaktordruckbehälter mittels eines mechanisierten Wirbelstromprüfsystems wurden drei bewertungspflichtige Anzeigen festgestellt. Zur weiteren Analyse wurden Magnetpulver- und visuelle Prüfungen durchgeführt. Die Zulässigkeit der Anzeigen konnte nachgewiesen werden.
- Erstmals wurden die RDB-Deckelschweißnähte mechanisiert mit einem neu qualifizierten Ultraschallprüfsystem geprüft. Es wurden bewertungspflichtige, aber zulässige Anzeigen festgestellt.
- Die Einschweißnaht und die Stützeninnenkanten zweier Frischdampfstützen wurden einer Ultraschallprüfung mit einem qualifizierten Prüfsystem unterzogen. Es ergaben sich keine bewertungspflichtigen Anzeigen.
- Am 29. Januar 2013 war bei einem Rundgang im SUSAN-Gebäude eine Tropfleckage im Zwischenkühlwassersystem bemerkt worden (siehe Kap 2.2). In der Jahresrevision 2013 wurden weitere Leitungsabschnitte mit vergleichbaren Anordnungen geprüft. Bei keinem dieser Rohrabschnitte gab es Anzeichen von Deformationen oder Anrissen.

Schwerpunkte des Wiederholungsprüfprogramms an elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen waren die komponenten- und verfahrenstechnischen Prüfungen der Leittechnik einer Redundanz des Notstandsystems SUSAN sowie beider Redundanzen des Reaktorschutzes. Bei den Eigenbedarfsanlagen wurden die automatischen Um-

schaltmöglichkeiten überprüft. Ebenso erfolgten die Belastungsprüfungen der Notstromversorgungen ab Wasserkraftwerk und Dieselgenerator 90. Die erforderliche Kapazität der Batterien in den Eigenbedarfsanlagen wurde durch Entladung und Wiederaufladung nachgewiesen. Aufgrund des Erreichens der spezifizierten Lebensdauer wurde plangemäss die 110-V-Batterie in einem Strang ersetzt. Das KKM überprüfte auch die Gleich- und Wechselrichter der 24- und 125-V-Anlagen der beiden sicheren Schienen sowie der Redundanzen des SUSAN. Die Prüfungen bestätigten den ordnungsgemässen Zustand dieser Ausrüstungen. Erwähnenswert sind ferner folgende Instandhaltungsmassnahmen: Die Wartungen an den Frequenzumformern der Umwälz- und Hauptkühlwasserpumpenantriebe, die Wartung und Prüfung der Schutzeinrichtungen beider Blocktransformatoren, die Revisionen von Mittelspannungs- und Niederspannungsschaltern und Motoren, die Totalrevision eines Generators inklusive Einbau eines neugewickelten Rotors, der Wiedereinbau des im Herstellerwerk revidierten Rotors des Motors einer Speisewasserpumpe und der Einbau des Reserve-motors einer Umwälzpumpe.

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

2.3.2 Anlageänderungen

Im Berichtsjahr wurden folgende Anlageänderungen durchgeführt:

- Die rotierenden Gleitringe der Gleitringdichtungen der Reaktorummwälzpumpen erreichen stark unterschiedliche Einsatzzeiten. Der Hersteller der Gleitringdichtung führt dies auf Elektrokorrosion zurück. In den Jahren 2005 und 2006 wurden bei beiden Umwälzpumpen die Gleitringdichtungen ersetzt, die Motoren gegen solche mit isolierten Lagern ausgetauscht und Wellenerdungen montiert. Die darauffolgenden, verlängerten Betriebszeiten der Gleitringdichtungen zeigten, dass die richtigen Massnahmen ergriffen worden waren. Nach dem Ersatz der Antriebssysteme im Jahre 2010 durch solche mit Frequenzumformern wurden erneut

kürzere Betriebszeiten der Gleitringdichtungen der Umwälzpumpe B beobachtet. Zum Austausch der Dichtung muss die Anlage jeweils abgeschaltet werden. Im Jahr 2013 wurden zu diesem Zweck zwei Zwischenabschaltungen vorgenommen. In der Jahresrevision 2013 wurden die Gleitringdichtungen beider Umwälzpumpen ersetzt. Dabei wurde bei der Umwälzpumpe B ein neuer Dichtungstyp mit geänderter Materialzusammensetzung und geänderter Beschaffenheit der Dichtfläche eingesetzt. Falls damit positive Erfahrungen gemacht werden, wird diese Anlagenänderung auch an der Reaktorummwälzpumpe A durchgeführt.

- Im Zusammenhang mit den oben beschriebenen Problemen mit den Gleitringdichtungen der Reaktorummwälzpumpen wurde 2013 bei beiden Pumpenmotoren eine verbesserte Wellenerdung eingebaut. Neue Online-Messungen ermöglichen die permanente Überwachung von Wellenstrom und Wellenspannung.

- Die Startvorrichtung des Notstromdiesels 90 wurde durch Nachrüstung einer zusätzlichen, druckluftbetriebenen Vorschmierpumpe ertüchtigt. Dadurch ist gewährleistet, dass der Notstromdiesel auch ohne die elektrisch betriebene Vorschmierpumpe gestartet werden kann. Die Änderung beinhaltet auch den Austausch der Startlufteinrichtung. Neu werden innen nicht beschichtete Druckluftflaschen verwendet, um ein Startversagen durch sich lösendes Beschichtungsmaterial zu verhindern.

- Die Rohrleitungshalterungen des Reaktorummwälzsystems wurden gegen verbesserte Konstruktionen ausgetauscht. Der Ersatz konnte im Revisionsstillstand 2013 erfolgreich abgeschlossen werden. Ausgetauscht wurden die Federhänger, Federstützen, Stossbremsen und Konstanthänger.

- Bei beiden Turbinengruppen wurde das Zeitverhalten der Ölabwehrventile im Steuerölsystem angepasst. Dabei wird zuerst ein Turbinenschnellschluss ausgelöst und anschliessend mit einer Verzögerung das Brandschutzventil geschlossen. Durch das geänderte Zeitverhalten kann bei einer Auslösung im Brandfall die Transiente im Reaktor gemildert werden.

Im Bereich der elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen sind folgende Anlagenänderungen nennenswert:

- Ergänzend zu den im Rahmen von Systemerneuerungen ausgewechselten Kabeln wurden weitere sicherheitsrelevante Kabel im Reaktor-

gebäude ausgetauscht. Es handelte sich dabei um Kabel, für die keine Auslegungsdokumentation vorhanden war.

- Sämtliche Spannungswandler und Schutzrelais einer 6-kV-Schiene wurden im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltung ersetzt. Damit wurde die Erneuerung der Sekundärtechnik bei den 6-kV-Eigenbedarfsanlagen abgeschlossen.
- Im Zusammenhang mit der Nachrüstung einer störfallfesten Brennelementbecken-Instrumentierung wurden die erforderlichen elektronischen Baugruppen in die Leittechnikschränke der Notstanddivisionen eingebaut.
- Der SUSAN-Melderechner wurde gegen einen neuen Rechner ersetzt und nach einer ausführlichen Testphase erfolgreich in Betrieb genommen. Der neue Rechner entspricht dem Stand der Technik und verfügt über eine 100-prozentige Server- und Netzwerkredundanz.

2.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im August 2013 wurde der 40. 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 11 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. Als Vorläufer wurden vier Brennelemente mit weiterentwickeltem Fremdkörperfilter, vier Brennelemente mit Kästen aus Zircaloy-4-Material und vier weitere Brennelemente mit Kästen aus dem weiterentwickelten Material NSF eingesetzt. Die Inspektionen bestätigten das auslegungsgemässe Verhalten der Zircaloy-4-Kästen. Die NSF-Kästen befinden sich in ihrem ersten Betriebszyklus. Des Weiteren sind zwei Steuer-elemente vom Typ Marathon Ultra MD als Vorläufer eingesetzt. Es wurden keine Steuerstabinspektionen durchgeführt, die Kühlmittelanalysen deuten jedoch auf einen defektfreien Zustand der Steuerstäbe hin.

Für den 41. 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 Brennele-

mentwechsels 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 Kernauslegungsberechnungen überein.

2.4 Strahlenschutz

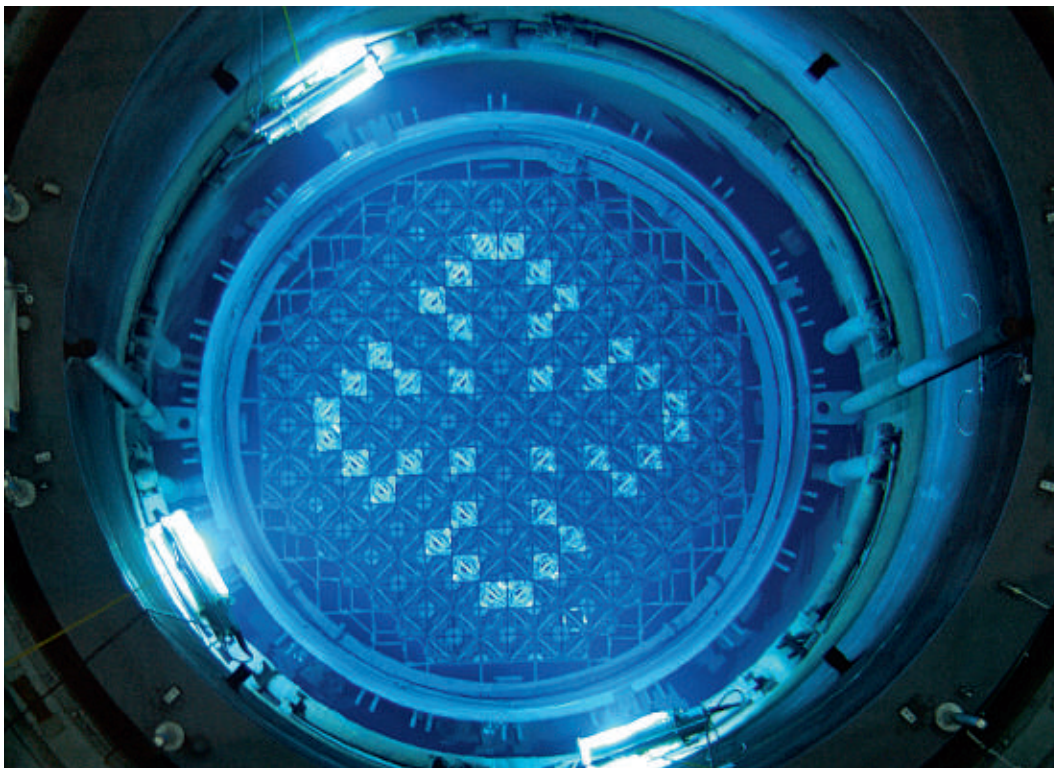
Im Jahr 2013 betrug die akkumulierte Kollektivdosis für das KKM 958 Pers.-mSv. Die maximale Individualdosis lag mit 8,4 mSv unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Es wurden weder Personenkontaminationen, die nicht mit herkömmlichen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen über der Triage-schwelle gemäss Dosimetrieverordnung festgestellt. Dank der schadenfreien Brennelemente war die Ausgangslage für die Revisionsarbeiten radiologisch gesehen auch in diesem Jahr günstig.

Die Kollektivdosis aller Mitarbeiter im Revisionsstillstand 2013 und den beiden Zwischenabstellungen lag bei 672 Pers.-mSv. Dies entspricht einem EPD-Wert von 825 Pers.-mSv. Der vom KKM vor Beginn der Arbeiten geschätzte Wert für die Revision lag bei 990 Pers.-mSv (EPD-Werte).

Die mittlere Dosisleistung an den Umwälzschleifen von 1,79 mSv/h zeigt im Vergleich mit den Vorjahren (2012: 1,71 mSv/h; 2011: 1,67 mSv/h) tendenziell eine geringfügige Zunahme. Der Höchststand im Jahr 1994 betrug 6,4 mSv/h.

Der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz war im ganzen Betriebsjahr angemessen und ermöglichte es, die administrativen und technischen Schutz- und Überwachungsaufgaben korrekt auszuüben und sicherzustellen. Allerdings setzt das KKM auch ausserhalb der Revision vermehrt erfahrenes und mit der Anlage vertrautes Fremdpersonal ein. Die regelmässig wiederkehrenden sowie die arbeitsbedingten Kontaminationskontrollen der Oberflächen und der Luft bestätigten einen sauberen radiologischen Zustand der kontrollierten Zone des KKM.

Die Edelmetalleinspeisung wurde fortgesetzt. Bereits zum neunten Mal wurde eine wasserlösliche Platinverbindung in das Reaktorwasser eingespeist. Gemeinsam mit der kontinuierlichen Zu-



Blick in den geöffneten Reaktor.
Foto: KKM.

gabe von Wasserstoff sollen dadurch die Einbauten im Reaktordruckbehälter vor Spannungsrisskorrosion geschützt werden.

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

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Dies gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser einschliesslich Tritium. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben Übereinstimmung mit den vom KKM gemeldeten Ergebnissen. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKM unter konservativen, das heisst ungünstigen Annahmen. Die berechneten Dosen betragen rund 0,004 mSv für Erwachsene und für Zehnjährige sowie 0,005 mSv für Kleinkinder und liegen somit deutlich unter dem quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr gemäss Richtlinie ENSI-G15. Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes in der Umgebung des Werkes (MADUK) zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Im Nahbereich eines Siedewasserreak-

tors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), welche an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals die Dosis messen, zeigten mit einem Jahreshöchstwert von 1,6 mSv einschliesslich natürlicher Untergrundstrahlung einen gegenüber dem Vorjahr nahezu unveränderten Wert. 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 2013 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 Instandhal-

tungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 38 m³ leicht niedriger als im Vorjahr. Der Anfall bewegt sich in der mehrjährigen Schwankungsbreite auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKM vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Ihr Bestand ist mit 45 m³ gering. Brennbare Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der Zwiilag bereitgestellt und dorthin transportiert. Weitere Rohabfälle wurden ebenfalls an die Zwiilag zur Behandlung in der dortigen Konditionierungsanlage abgegeben.

Als Konditionierungsverfahren kommt im KKM die Zementierung von Harzen zum Einsatz. Für alle Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und Richtlinie ENSI-B05 erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden die anfallenden Betriebsharze mit der Verfestigungsanlage des KKM in drei Kampagnen konditioniert.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in das werkseigene Zwischenlager eingelagert. Das KKM nutzt aber auch die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Bei der jährlichen Inspektion des Lagergutes wurden keine meldepflichtigen Befunde gemäss den Kriterien

der Richtlinie ENSI-B03 festgestellt. 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 Berichtsjahr insgesamt 33,6 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen.

Informationen zu Wiederaufarbeitungsabfällen und zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente finden sich gesamthaft für alle Werke im Kapitel 8.

2.6 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI hat im November 2013 an der Werksnotfallübung MALEDIVEN die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Für die Übung wurde angenommen, dass infolge eines Kurzschlusses an der Hauptkühlwasserpumpe ein Ölfass im Pumpenhaus in Brand geriet und anschliessend eine

Abluftfilterraum.
Foto: KKM.



Stromschiene ausfiel. Durch den Brand fielen zudem beide Hauptkühlwasserpumpen aus. Als Folge der fehlenden Hauptwärmesenke erfolgte eine Reaktorschnellabschaltung. Aufgrund des zusätzlichen Ausfalls beider Hilfskühlwasserpumpen standen für die Wärmeabfuhr nur noch die Kühlsysteme SUSAN A und B zur Verfügung. Wegen des Brands auf dem Areal und des damit verbundenen Ausfalls von Systemen wurde gemäss Notfallreglement der Notfall deklariert und der Notfallstab aufgebildet. Das KKM hat Ausbildungsbedarf für das Personal des Notfallstabs und Optimierungsmöglichkeiten bei der Nutzung des Arbeitsraums des Notfallstabs identifiziert.

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

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

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

2.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr hat sich der Personalbestand des KKM mit 345 Personen gegenüber dem Vorjahr (2012: 345) nicht verändert. Die Personalfuktuation erreichte im Jahr 2013 einen Stand, welcher auf einen bedeutenden Verlust an werkspezifischem Wissen und Erfahrung hinweist. Das KKM hat 2013 keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen.

Das Managementsystem des KKM besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2008. Das ENSI führte eine Inspektion der Regelungen im Managementsystem zur Qualitätssicherung von Dokumenten durch. Diese erfüllen die Anforderungen.

Im Berichtsjahr wurde die Leitung der Abteilung Projekte neu besetzt.

Zwei Reaktoroperateure und drei Schichtchefs des KKM legten im Berichtsjahr ihre Zulassungsprüfung unter Aufsicht des ENSI mit Erfolg ab. Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und

zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator und besteht in einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI hat eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2012 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2013 der Abteilung Betrieb durchgeführt. Gegenstand waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator, die allgemeine Wiederholungsschulung sowie deren Änderungen und Neuerungen. Ferner wurde im Rahmen der Inspektion das Dokumentationskonzept der Ausbildung des nicht zulassungspflichtigen Personals sowie die Ausbildung des Fremdpersonals auf Einhaltung der Vorgaben der VAPK und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Das Ausbildungsprogramm erfüllt die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B10.

2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Das ENSI hat im Berichtsjahr eine Stellungnahme zur Ende 2010 eingereichten Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) des KKM veröffentlicht. Zu den Aspekten des Langzeitbetriebs hatte das ENSI bereits Ende 2012 eine Sicherheitstechnische Stellungnahme publiziert, die eine Reihe von Nachrüst- und Nachweisforderungen enthielt als Voraussetzung für einen Langzeitbetrieb über 40 Jahre hinaus und für weitere 10 Betriebsjahre. Die Nachrüstforderungen betrafen folgende Auslegungsschwächen:

- Die Kühlmittelversorgung für das Notstandssystem weist keine diversitäre Alternative zur Kühlwasserentnahme aus der Aare auf.
- Im KKM steht bei eingesetzter Dammsplatte kein gegen Erdbeben und Überflutung ausreichend geschütztes System zur Brennelementbeckenkühlung zur Verfügung.
- Die Sicherheitssysteme auf der Ebene -11 m des Reaktorgebäudes sind nicht konsequent räumlich getrennt.

In seiner Ende 2013 publizierten Sicherheitstechnischen Stellungnahme zur PSÜ kam das ENSI zum Schluss, dass das KKM die Anforderungen für den laufenden Betrieb im Wesentlichen erfüllt. Es stellte jedoch punktuellen Verbesserungsbedarf fest. Dieser betraf Wiederholungsprüfungen, die Alterungsüberwachung, die Zuverlässigkeit der

Wasserstoffmessung zur Überwachung der für den Normalbetrieb erforderlichen Rekombinatoren des Abgassystems, die weitere Reduktion der Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser, die Vermeidung von Ansammlungen von Radiolysegas in den Ablaseleitungen der Sicherheits- und Entlastungsventile, die Zuverlässigkeit sicherheitstechnisch klassierter Sicherheitsventile, technische Störfallanalysen, Erdbebennachweise, Sicherheitsbeurteilungen der Bauwerke, radiologische Analysen von Auslegungstörfällen, probabilistische Sicherheitsanalysen, technische Entscheidungshilfen für das Unfallmanagement, anlageninterne Notfallmassnahmen zur Überwachung des Brennelementbeckens sowie zur Einspeisung von Wasser in das Brennelementbecken, das Löschwasserrückhaltekonzept sowie verschiedene im Rahmen der OSART-Mission festgestellte betriebliche Aspekte. Das ENSI stellte übergeordnet fest, dass zum Zeitpunkt der Einreichung der PSÜ-Unterlagen keine umfassende Langzeitstrategie und kein Langzeitbetriebsprogramm vorlagen.

Mit dem Entscheid der BKW vom 29. Oktober 2013, auf einen unbefristeten Langzeitbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg zu verzichten und das KKM im Jahr 2019 endgültig ausser Betrieb zu nehmen, ist eine neue Situation geschaffen worden. Das Nachrüstprogramm DIWANAS, welches das KKM in den letzten zwei Jahren ausgearbeitet hatte, wird nicht umgesetzt. Anstelle des Projektes DIWANAS sind andere Massnahmen zu realisieren, um einen ausreichenden Sicherheitsgewinn zu erreichen. Das ENSI wird auf Grund der bis Ende Juni 2014 vorzulegenden Konzepte entscheiden, ob die geplanten Massnahmen für den Weiterbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg bis 2019 genügen.

2.9 Sicherheitsbewertung

2.9.1 Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2013 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System sämtliche Inspektionsgegenstände, Ergebnisse von Zulassungsprüfungen, Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen und Sicherheitsindikatoren bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Zusätzlich berücksichtigte das ENSI jene verbesserungsbedürftigen Punkte, die Anlass zu Forderungen in der sicherheitstechnischen Stellungnahme zur PSÜ KKM 2010 gaben. Dabei kam

das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

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

Sicherheitsbewertung 2013 KKM:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Vorkommnisse, Sicherheitsindikatoren noch PSÜ-Forderungen 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, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Aufgrund eines Kontaktfehlers konnte einer der vier Weitbereichsdetektoren der Neutronenflussmessung nicht eingefahren werden.
- Ein wegen einer Ölleckage am hydraulischen Steuerelement eines Speisewasserregelventils durchgeführter Funktionstest führte zu einer schnellen Leistungsreduktion
- An einem Standrohr des Wasserabscheiders im RDB wurden vier gebrochene Befestigungsrippen festgestellt.

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

- Aufgrund eines Fehlers bei der Durchführung von Kritikalitätstests nach dem Abfahren der Anlage zur Jahresrevision und vor dem Entladen des Reaktorkerns, kam es zu einer Reaktor-schnellabschaltung.

- Eine Fehllandung bei der Störungsbehebung nach einem Test des Abfahrkühlsystems führte zum Ausfall einer Reaktorumwälzpumpe und einer schnellen Leistungsreduktion.
- Ursache der oben genannten Fehllandung war die unklare Kommunikation bei der Störungsbehebung.

Ebene 2, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Ein fehlerhaftes Relais führte zu einem Ausfall der Edelgas-, Iod- und Aerosolmessung im Kamin.
- Die unter Ebene 1 genannte Störung eines Weitbereichsdetektors ist auch für die Ebene 2 von Bedeutung.
- Die unter Ebene 1 genannte Ölleckage am hydraulischen Steuerelement eines Speisewasserregelventils ist auch für die Ebene 2 von Bedeutung.
- Zweimal führte ein defekter Strom/Frequenzwandler zum Ausfall einer Messstelle für die Dosisleistung in der Abluft aus dem Reaktorgebäude.

Ebene 3, Betriebsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

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

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Im Zwischenkühlwassersystem kam es im SUSAN-Gebäude zu einer Tropflecke.
- Das fehlerhafte Öffnen eines Schalters der 380-V-Eigenbedarfsanlage führte zur Unverfügbarkeit eines Strangs des Abfahr- und Toruskühlsystems und eines Strangs des Notabluftsystems.
- Das Fehlverhalten eines thermischen Überstromrelais führte zur Unverfügbarkeit einer Division des alternativen Niederdruckkernsprühsystems.
- Während des Anfahrens der Anlage nach der Jahresrevision 2013 wurde eine Steuerluftleckage im Bereich eines pneumatischen Vorsteuerventils eines Sicherheits- und Abblaseventils festgestellt.
- Die unter Ebene 1 genannte Störung eines Weitbereichsdetektors ist auch für die Ebene 3 von Bedeutung.

- Die unter Ebene 2 genannten Ausfälle einer Messstelle für die Dosisleistung in der Abluft aus dem Reaktorgebäude waren auch für die Ebene 3 von Bedeutung.

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

Sicherheitsbewertung 2013 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

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

Betriebs-Vorgaben

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

Zustand und Verhalten der Anlage

- Das ENSI beurteilt die Störung eines Weitbereichsdetektors, den Fehler im Bereich eines hydraulischen Steuerelements eines Speisewasserregelventils, die Befunde am Wasserabscheider im RDB, den Ausfall der Edelgas-, Iod- und

Aerosolmessung im Kamin, die beiden Ausfälle einer Messstelle für die Dosisleistung in der Abluft aus dem Reaktorgebäude, die Tropfleckage im Zwischenkühlwassersystem, die Unverfügbarkeit eines Strangs des Abfahr- und Toruskühlsystems und eines Strangs des Notabluftsystems, die Unverfügbarkeit einer Division des alternativen Niederdruckkernsprühsystems sowie die Steuerluftleckage im Bereich eines pneumatischen Vorsteuerventils eines Sicherheits- und Abblaseventils als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Aufgrund der geringen Bedeutung der einzelnen Abweichungen bewertet das ENSI die Sicherheit des KKM hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage insgesamt als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Das ENSI beurteilt den Fehler bei der Durchführung eines Kritikalitätstests nach dem Abfahren der Anlage zur Jahresrevision, die Fehlhandlung bei der Störungsbehebung nach einem Test des Abfahrkühlsystems und die in diesem Zusammenhang festgestellte unklare Kommunikation als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKM hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als gut.

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.



Kernkraftwerk Gösgen.
Foto: ENSI.

3. Kernkraftwerk Gösgen

3.1 Überblick

Im Betriebsjahr 2013 verlief der Volllastbetrieb im Kernkraftwerk Gösgen (KKG) weitgehend störungsfrei und ohne Reaktorschnellabschaltung. Die umfangreiche Modernisierung der Turbogeneratorgruppe führte zu einem längeren Stillstand der Anlage als in den Vorjahren. Weiter kam es beim Hochfahren danach aufgrund von Störungen im Bereich des neuen Generators zu Unterbrüchen in der Energieproduktion. Das ENSI stellt fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen im Betriebsjahr 2013 immer eingehalten wurden. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKG im Jahr 2013 hinsichtlich Auslegungsvorgaben und hinsichtlich Betriebsvorgaben als hoch sowie hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage und hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als gut. Das KKG, welches seinen Betrieb im Jahr 1979 aufnahm, ist eine Druckwasserreaktor-Anlage mit

985 MW elektrischer Nettoleistung. Die Modernisierung der Turbogeneratorgruppe im Revisionsstillstand 2013 hat zu einer Wirkungsgradverbesserung geführt. Die elektrischen Nennleistungen (brutto und netto) werden 2014 auf Basis der Anlagendaten bei unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen neu festgelegt. Weitere Daten der Anlage sind in den Tabellen 1 und 2 des Anhangs zusammengestellt. Figur 7a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage. Im Berichtsjahr waren im KKG 2013 sieben meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, welche das ENSI auf der internationalen Ereignisskala INES alle der Stufe 0 zuordnete.

Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 127 Inspektionen durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungen und überwachte deren Umsetzung. Der Revisionsstillstand dauerte vom 4. Mai bis 2. Juli 2013. Er war der längste in der Geschichte des KKG und geprägt durch die



umfangreichen Arbeiten im Zusammenhang mit der Modernisierung der Turbogeneratorgruppe. Während der Revision kam es kurzzeitig zu einer vollständigen Trennung von der externen Stromversorgung. Durchgeführt wurden neben den üblichen Revisionsarbeiten auch umfangreiche Wiederholungsprüfungen. Dabei wurden keine Befunde festgestellt, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen. Die Messwerte der kontinuierlichen Überwachung der Primärkühlmittelaktivität zeigten keine Anzeichen für Brennstabdefekte. Die Strahlendosen im Revisionsstillstand und im Verlauf des ganzen Betriebsjahres zeichneten sich durch eine tiefe Kollektivdosis aus. Die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurden eingehalten. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen unter den behördlich festgelegten Grenzwerten. Die dadurch verursachten zusätzlichen Strahlendosen für die Bevölkerung sind verglichen mit der natürlichen Strahlenexposition unbedeutend. Der Anfall radioaktiver Rohabfälle lag innerhalb der mehrjährigen Schwankungsbreite auf einem niedrigen Niveau. Das KKG hat im Berichtsjahr keine grösseren Anpassungen seiner Organisation vorgenommen. Im Berichtsjahr legten zwei Picketingenieure und zwei Reaktoroperateure ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Zwei Reaktoroperateur-Anwärter absol-

vierten die kerntechnische Grundlagenausbildung an der Reaktorschule des PSI erfolgreich.

3.2 Betriebsgeschehen

Das Kernkraftwerk Gösgen erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 74,7% und eine Zeitverfügbarkeit von 74,1%. Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war hauptsächlich durch den langen Revisionsstillstand sowie zwei Reparaturen am neuen Generator bedingt, siehe Kap. 3.3.2.

Die ausgekoppelte Prozesswärme für die Versorgung der zwei nahe gelegenen Kartonfabriken belief sich auf 153,1 GWh.

Zur Durchführung von geplanten Funktionsprüfungen oder auf Anforderung des Lastverteilers erfolgten kurzzeitige Leistungsabsenkungen.

Im Berichtsjahr waren sieben meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, welche das ENSI alle auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zuordnete. Für die systematische Sicherheitsbewertung wird auf Kap. 3.9 verwiesen, für die risikotechnische Beurteilung auf Kap. 10.

■ Im Rahmen des Inspektionsprogramms der Brennelemente wurden am 21. Mai 2013 Materialabträge an den Abstandhalterecken eines Brennelements festgestellt. Eine Beschädigung

von Brennstabhüllrohren war nicht zu verzeichnen und auch keine Aktivitätsfreisetzung. Das Inspektionsprogramm wurde erweitert und Nachbarpositionen auf weitere Schäden untersucht. Das diagonal benachbarte Brennelement zeigte ähnliche Schäden. Die betroffenen Brennelemente wurden von einem Wiedereinsatz zurückgestellt und zu einem späteren Zeitpunkt repariert. Ein Wiedereinsatz ohne Reparatur hätte zu Hüllrohrschäden und lokaler Überhitzung führen können. Als Ursache ermittelt wurde Reibverschleiss (Fretting). Dieser entsteht, wenn die Brennelemente während des Betriebs im Reaktor aufgrund unterschiedlicher Durchbiegung in Kontakt stehen und durch das durchströmende Kühlmittel in Vibrationsbewegungen versetzt werden.

- Vor der geplanten Umsetzung der Lagergestelle im externen Nasslager wurde am 30. Mai 2013 an einer unbesetzten Lagerposition ein verbogenes Einführungsblech festgestellt. Die Einführungsbleche dienen der Führung der Brennelemente beim Beladen der Absorberschächte. Die Absorberbleche des betroffenen Schachtes zeigten keinerlei Beschädigungen. Das Einführungsblech wurde wahrscheinlich durch Absetzen eines Brennelementes verbogen, was insbesondere die Spuren auf dem Blech nahelegen. Deshalb wurde der Fuss des Brennelements, welches bis November 2012 dort eingelagert war, visuell untersucht. Es ergab sich kein Befund. Auf eine Reparatur des Einführungsblechs wurde verzichtet, da die Beladung des Schachts nicht beeinträchtigt wird und das Blech keine Absorberfunktion hat. Der SVTI-N hat diesem Verzicht zugestimmt.
- Während des Revisionsstillstands war der Strang 4 der internen Stromversorgung zeitweise für Revisionsarbeiten freigeschaltet. Nach Abschluss der Arbeiten sollte dieser rückgeschaltet werden. Dabei wurde am 7. Juni 2013 an einem unter Spannung stehenden 10-kV-Schalter versehentlich ein Erdungsschalter betätigt, so dass im betroffenen Strang auf der 10-kV-Ebene ein Erdschluss entstand. Zu diesem Zeitpunkt war die Einspeisung vom 400-kV-Netz wie geplant für Wartungsarbeiten ausser Betrieb. Die Stromversorgung erfolgte ab der 220-kV-Einspeisung. Der Erdschluss führte auslegungsgemäss zu einer Trennung vom 220-kV-Netz. Nun standen gleichzeitig die Einspeisungen vom 220-kV-Netz und vom 400-kV-Netz nicht zur Verfügung. Dies bedeutete eine vollständige Trennung von der

externen Stromversorgung, was bei abgeschaltetem Generator ein Notstromfall ist. Der Reaktorschutz startete auslegungsgemäss die Notstromdieselgeneratoren der Stränge 1 bis 3 sowie die beiden Notstandsdieselgeneratoren. Der Strang 4 war noch freigeschaltet. Durch die laufenden Dieselgeneratoren war die Spannungsversorgung der 6-kV-Notstromschienen und der zugehörigen 380-V-Notstromschienen sowie der 380-V-Schienen im Notstandsgebäude sichergestellt. Zum Zeitpunkt des Vorkommnisses war der Reaktor entladen. Die Brennelemente befanden sich im Brennelementbecken des Reaktorgebäudes. Die Schichtmannschaft überwachte die Zuschaltung der Verbraucher auf die Notstromschienen und stellte gemäss Betriebsvorschriften die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementbecken sicher. Der Betriebsgrenzwert für die Beckentemperatur wurde jederzeit eingehalten. In der Folge wurde die 220-kV-Zuleitung wieder eingeschaltet, wobei die Schutzeinrichtungen eines der beiden 220-kV-Transformatoren ansprachen und der 220-kV-Leistungsschalter sofort wieder



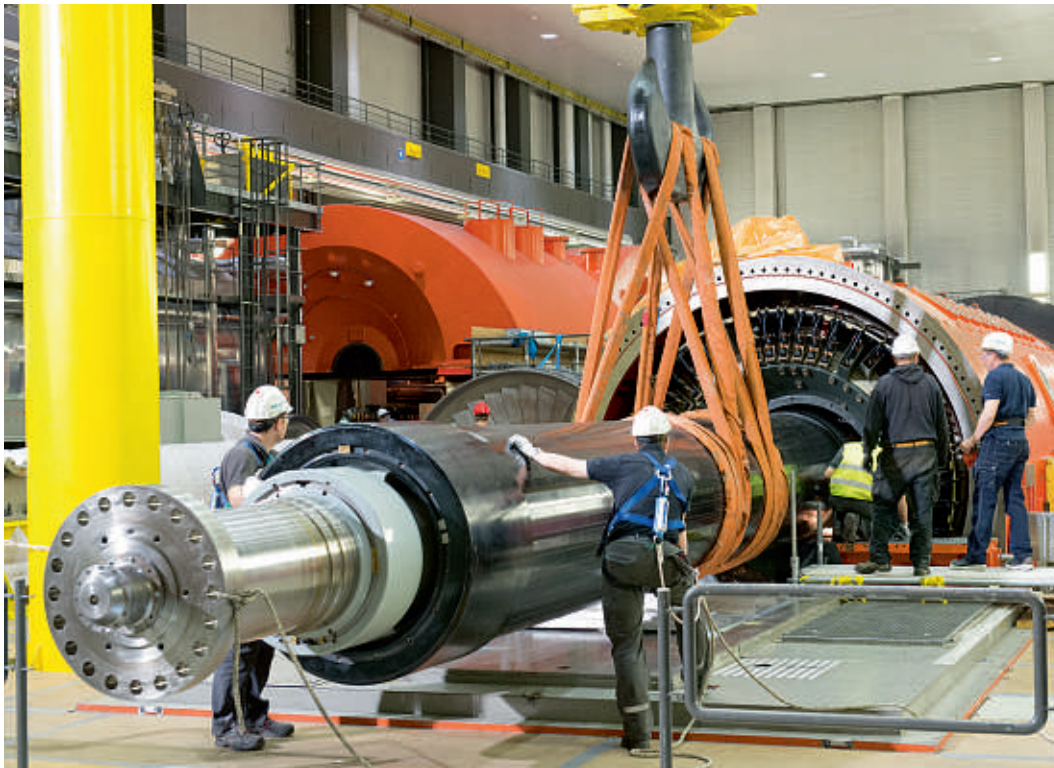
Einbau eines Vorkühlers am Kondensator.
Foto: KKG.

öffnete. Es zeigte sich, dass der betroffene Transformator beim Erdschluss beschädigt worden war. Nach insgesamt etwas weniger als zwei Stunden wurde der nicht betroffene 220-kV-Transformator wieder mit Spannung versorgt, worauf die Notstromdieselgeneratoren der Stränge 1 und 2 sowie die Notstanddieselgeneratoren ausser Betrieb genommen werden konnten. Der Notstromdieselgenerator im Strang 3 blieb noch bis zur Rückschaltung der 400-kV-Einspeisung am 11. Juni 2013 in Betrieb. Ab diesem Zeitpunkt erfolgte die gesamte Stromversorgung wieder vom 400-kV-Netz. Am 19. Juni 2013 wurde der defekte 220-kV-Transformator durch den Reservetransformator ersetzt, womit die 220-kV-Einspeisung wieder uneingeschränkt zur Verfügung stand.

- Im Revisionsstillstand wurde am 20. Juni 2013 das Regelverhalten der Notspeiseregulierung überprüft. Beim Testlauf einer der vier Notspeisepumpen zeigte sich eine Erwärmung des Wassers in der Mindestmengenleitung. Das Freilauf-Rückschlagventil, das die Mindestmenge freigibt, wurde ausgebaut und inspiziert, wobei sich herausstellte, dass ein Hebel nach der letzten Inspektion falsch montiert worden war. Die sicherheitstechnische Aufgabe des Notspeisesystems ist die Bespeisung der Dampferzeuger, um bei Anforderung die Nachzerfallwärme des Reaktors über die Dampferzeuger abzuführen. Neben dem vierfach redundanten Notspeisesystem verfügt das KKG mit dem zweifach redundanten Notstandsspeisesystem über ein weiteres System für die Notbespeisung der Dampferzeuger. Im vorliegenden Fall hat der Montagefehler dazu geführt, dass die Mindestmenge in der betroffenen Notspeisepumpe während des Tests zeitweise nicht gefördert wurde, was zu einer unzulässigen Erwärmung des Wassers führte. Nach korrekter Montage des Hebels konnte der Testlauf erfolgreich durchgeführt werden. Eine Prüfung der Mindestmengenventile der anderen drei Notspeisepumpen, der Notstandspeisepumpen sowie der An- und Abfahrpumpen mittels Durchstrahlungsprüfung zeigte die korrekte Einbaulage des Hebels.
- Bei der Erhöhung des Drucks im Primärkreislauf auf 31 bar am Ende des Revisionsstillstands wurde am 27. Juni 2013 ein langsamer Anstieg des Wasserniveaus im Brennelementbecken des Reaktorgebäudes festgestellt. Eine defekte Dichtung hatte dazu geführt, dass Kühlmittel aus einem Strang des Not- und Nachkühl-

systems über ein Beckenablaufventil ins Brennelementbecken gelangte. Ursache war ein Montagefehler im Revisionsstillstand 2012. Die Dichtung wurde ersetzt. Die Funktion des Not- und Nachkühlsystems sowie die Kühlung des Brennelementbeckens wären auch unter der konservativen Annahme eines vollständigen Versagens des betroffenen Ventils durch die redundanten Stränge jederzeit sichergestellt gewesen.

- Am 17. Juli 2013 führte die Schichtmannschaft eine periodische Reaktorschutzprüfung durch, bei der es zu einer Fehlbedienung kam. Der Reaktor war zu diesem Zeitpunkt für die Reparatur des Generators abgeschaltet, kalt und unterkritisch. Die Nachwärmeleistung war aufgrund der vorhergehenden langen Revisionsabstellung mit rund 2 MW sehr gering. Die Fehlbedienung führte zu einem wenige Minuten dauernden Spannungsausfall an einer der vier Notstromschienen. Auslegungsgemäss startete automatisch der entsprechende Notstromdieselgenerator. Da sich dessen Schalter zu diesem Zeitpunkt in Teststellung befand, konnte er die betroffene Schiene nicht versorgen. Da aufgrund der aussergewöhnlich geringen Nachwärmeleistung nur ein Nachkühlstrang für die Kernkühlung in Betrieb war und dieser von der betroffenen Notstromschiene vorsorgt wurde, war die Nachkühlung unterbrochen. Wegen der sehr geringen Nachwärmeleistung stand für Eingriffe der Schichtmannschaft viel Zeit zur Verfügung. Die Spannungsversorgung der ausgefallenen Notstromschiene und die Nachkühlung wurden nach wenigen Minuten wieder hergestellt. Die Inbetriebnahme eines anderen Nachkühlstrangs wäre jederzeit möglich gewesen. Der Spannungsausfall führte auslegungsgemäss zur Abschaltung des Abgassystems. Dabei sprach der Motorschutz des Antriebs einer Gebäudeabschlussarmatur an und die Armatur verblieb in Offenstellung. Bei der anschliessenden Überprüfung des Motorschutzes zeigte sich kein Fehlverhalten. Ebenso verlief die Funktionsprüfung der betroffenen Gebäudeabschlussarmatur erfolgreich. Die Fehlfunktion wird daher als zufälliger Einzelfehler eingestuft. Die Abspernung der betroffenen Rohrleitung wäre bei einer Anforderung des Gebäudeabschlusses durch die in Reihe liegende zweite Armatur sichergestellt gewesen.
- Am 24. Juli 2013 wurden beim Anfahren der Anlage nach der Reparatur des Generators



Ausbau des Rotors.
Foto: KKG.

die Betriebsgrenzen des Spannungsreglers am neuen Generator eingestellt. Diese Betriebsgrenzen dienen dem Schutz des Generators. Dafür wurde die Anlage gemäss einem vorher festgelegten Versuchsprogramm gefahren, das bei verschiedenen, konstanten Wirkleistungen eine Variation der Blindleistung in einem vorbestimmten Bereich vorschrieb. Ein noch nicht optimal eingestelltes Schutzrelais am neuen Generator führte bei einer Wirkleistung von 75% zu einer Abschaltung des Spannungsreglers. Die Anlage reagierte auslegungsgemäss mit einer Turbinenschnellabschaltung und einer Reduktion der Reaktorleistung auf 30% durch Einwurf von Steuerstäben. Die reduzierte Frischdampfmenge wurde wie vorgesehen direkt in den Kondensator geleitet. Nach Abklärung der Ursache konnte der Generator nach rund einer Stunde wieder in Betrieb genommen werden. Die Anlage wurde anschliessend gemäss Anfahrprogramm auf Vollast gefahren. Die ursprünglich auch für den 24. Juli 2013 vorgesehene Variation der Blindleistung bei 100% Wirkleistung wurde am 10. September 2013 erfolgreich durchgeführt.

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

3.3 Anlagentechnik

3.3.1 Revisionsarbeiten

Aufgrund der umfangreichen Arbeiten zur Modernisierung der Turbogeneratorgruppe, siehe Kap. 3.3.2, dauerte der Revisionsstillstand vom 4. Mai bis zum 2. Juli 2013. Während dieser Zeit wurden geplante Tätigkeiten wie Brennelementwechsel und Brennelementinspektionen, Inspektionen elektrischer und mechanischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Prüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt.

Schwerpunkte bei den Wiederholungsprüfungen an mechanischen Komponenten waren Ultraschallprüfungen der Mischnähte an den Druckrohren der Steuerstabantriebe und den Kerninstrumentierungsrohren, Wirbelstromprüfungen der Gewindsacklöcher und Schraubenbolzen am Reaktor-druckbehälter, Ultraschallprüfungen an Behälter- und Stutzennähten eines Dampferzeugers sowie die Dichtheitsprüfung des Primärcontainments. Folgende Prüfungen sind hervorzuheben:

- Am Deckel des Reaktor-druckbehälters wurden erstmalig an den Druckrohren die Mischnähte der Steuerstabantriebe und die Stutzenmischnähte der Kerninstrumentierungsrohre mechanisiert mit Ultraschall geprüft. Es wurden keine

bewertungspflichtigen Anzeigen festgestellt. Das Prüfsystem war durch die Qualifizierungsstelle ZfP Schweiz qualifiziert worden.

- Am Reaktordruckbehälter wurden die 52 Flanschgewinde der Sacklöcher mechanisiert mit einem qualifizierten Wirbelstromverfahren geprüft, ebenso die ausgebauten Schraubenbolzen. An drei Gewindeflanschen und acht Bolzen wurde je eine bewertungspflichtige Anzeige festgestellt. Die Analyse ergab keine Hinweise auf Risse. Die Anzeigen wurden als zulässig bewertet.
- An einem der Dampferzeuger wurden an zwei Behälter- und zwei Stutznähten manuelle Ultraschallprüfungen durchgeführt. Dabei wurde ein modernes Phased-Array-Prüfverfahren eingesetzt. Das Prüfsystem ist durch die Qualifizierungsstelle qualifiziert worden. Es wurden keine bewertungspflichtigen Anzeigen festgestellt. Weitere visuelle Prüfungen, Magnetpulver- und Farbeindringprüfungen an Führungs- und Tragpratzen sowie Eintritts-, Austritts- und Abschlämmstutzen ergaben keine bewertungspflichtigen Befunde.
- Die Dichtheitsprüfung des Primärcontainments wird im KKG gemäss der aktuellen Bauvorschrift KTA 3405 durchgeführt und erfolgt alle

vier Jahre. Als Ziel der Dichtheitsprüfung gilt es aufzuzeigen, dass die Funktion des Sicherheitsabschlusses jederzeit gewährleistet ist und die Leckage die festgesetzten Grenzen unter Störfallbedingungen nicht überschreitet. Die Prüfung wurde mit zertifiziertem Personal durchgeführt. Die Durchführung und Auswertung wurde vom Nuklearinspektorat des SVTI überwacht. Es traten keine Beanstandungen auf. Die Grenzwerte für die Dichtheit des Primärcontainments wurden eingehalten.

Die umfangreichen Prüfungen im Bereich Leittechnik zeigten einen guten Zustand. Im Hinblick auf den geplanten Austausch der Leittechnik (Projekt LETA) wurden diverse Vorbereitungsarbeiten ausgeführt.

Im Bereich der Starkstromtechnik wurde der Strang 3 des elektrischen Eigenbedarfs einer Grossrevision unterzogen. Dabei wurde auch der rotierende Umformer zur Versorgung der gesicherten 380-V-Schiene gegen statische Wechselrichter ausgetauscht und die 24-V-Gleichrichter ersetzt. Die 24-V-Gleichrichter und der rotierende Umformer wurden auch im Strang 4 ausgetauscht. Damit wurde der Ersatz der rotierenden Umformer und der 24-V-Gleichrichter abgeschlossen. Die Gleichrichter zur Versorgung der 220-V-Gleichstromverteilungen wurden in allen vier Redundanzen ersetzt, ebenso die 220-V-Gleichrichter zur Versorgung des Steuerstabsystems. Im Notstandgebäude wurden die Messumformer der 380-V-Drehstromsammelschienen ersetzt.

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

3.3.2 Anlagenänderungen

Im Berichtsjahr wurden folgende Anlageänderungen durchgeführt:

- Die Turbogeneratorgruppe wurde modernisiert. Alle drei Niederdruckturbinen und Kondensatoren sowie der Generator wurden ersetzt. Mit den verbesserten Komponenten kann bei unveränderter thermischer Reaktorleistung eine höhere elektrische Leistung erzielt werden. Bei der Inbetriebnahme des neuen Generators nach

Reinigen einer Turbine.
Foto: KKG.



dem Revisionsstillstand kam es zu mehreren Störungen. Zu hohe, durch einen Herstellungsfehler verursachte Schwingungen des Rotors erforderten eine Reparatur, die einen dreiwöchigen Betriebsunterbruch im Juli 2013 zur Folge hatte. Im August 2013 musste die Anlage für die Behebung einer Dichtölleckage erneut für zwei Wochen abgefahren werden. Das meldepflichtige Vorkommnis bei der Inbetriebnahme mit Turbinenschnellschluss und Reduktion der Reaktorleistung ist in Kap. 3.2 beschrieben. Der ausgebaute Generator wird revidiert und danach als Reserve im KKG gelagert.

- Die fünf Mischnähte der Sprühleitungen des Druckhalters wurden neu geschweisst. Die neuen Mischnähte wurden mit einem Schweisslagenaufbau gefertigt, der innen (wasser-/dampfseitig) eine austenitische Oberfläche ermöglicht. Die Arbeiten wurden durch den SVTI-N überwacht. Die abschliessenden Prüfungen ergaben keine unzulässigen Anzeigen.
- Die mit je einer Absperrarmatur versehenen Hochdruck-Leckageleitungen der Hauptkühlmittelpumpen führen in eine Sammelleitung, die ihrerseits in den Volumenausgleichsbehälter des Volumenregelsystems führt. Durch den Einbau einer motorbetätigten Absperrarmatur in diese Sammelleitung wurde eine redundante Absperrmöglichkeit geschaffen. Die Stromversorgung der neuen Absperrarmatur erfolgt durch eine andere Redundanz als diejenige der Absperrarmaturen der einzelnen Hochdruck-Leckageleitungen. Damit wird diese Absperrung, welche Teil des Primärkreis-Abschlusses im Notstandsfall ist, auch beim Ausfall eines der beiden Notstandnotstromdiesels sichergestellt.
- Im Hinblick auf den Austausch der Leittechnik (Projekt LETA) wurden Vorbereitungsarbeiten ausgeführt. Diese umfassten den Austausch von Steuerkabeln im Bereich der Steuerstabregelung sowie vorbereitende Anpassungen in der Notstandsnotspeiseregelung, im Reaktorschutzsystem, der Dampferzeuger-Niveaumessungen und der Turbinenregelung.

3.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Geringe Aktivitätskonzentrationen im Primärkühlmittel liessen den Schluss zu, dass im 34. Betriebszyklus (2012/2013) keine Brennstab-Hüllrohrdefekte mit Aktivitätsfreisetzung aufgetreten sind. Während des Revisionsstillstands wurden 32 frische

WAU- und 4 Uran-Brennelemente in den Reaktorkern geladen, der damit im 35. Betriebszyklus insgesamt 173 WAU- und 4 Uran-Brennelemente enthält.

Im Rahmen der Geradheitsmessungen wurden an zwei Brennelementen Materialabträge an den Abstandhalterecken festgestellt (vgl. Kap. 3.2).

Bei umfangreichen Inspektionen der übrigen Standard-Brennelemente mit verschiedenen Standzeiten wurden bezüglich des Brennelement- und Brennstabwachstums sowie der Brennelementverbiegung auslegungsgemässe Zustände festgestellt. Die untersuchten Hüllrohre von Teststäben aus dem Material M5 und die Standard-Hüllrohre wiesen nur geringe, den Erfahrungen entsprechende, Oxidschichtdicken auf.

Die Steuerstabfinger aller 48 Steuerelemente wurden während des Revisionsstillstands mittels Wirbelstromprüfung auf Wanddickenschwächungen und Beschädigungen untersucht. Bei einem Steuerelement der ersten Nachlieferung, das 19 Standzeiten im Einsatz war, sind Rissanzeigen festgestellt worden. Es wurde vorsorglich ausgetauscht und kommt nicht mehr zum Einsatz. Alle anderen Steuerelemente befanden sich in einem auslegungsgemässen Zustand. Im 35. Betriebszyklus befinden sich 39 Steuerelemente aus Nachlieferungen sowie 9 aus der Erstausrüstung im Reaktor. Das ENSI hat sich davon überzeugt, dass das KKG neue Brennelemente und Steuerstäbe verwendet, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen und nur bestrahlte Brennelemente und Steuerstäbe mit defektfreien Hüllrohren in den Reaktor einsetzt.

Im Berichtszeitraum 2013 wurde der Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnung überein. Die Betriebsgrenzen wurden eingehalten.

3.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2013 betrug die Kollektivdosis im KKG 671 Pers.-mSv. Die höchste im KKG registrierte Individualdosis war 9,2 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde unterschritten.

Bei den Arbeiten während des Revisionsstillstands wurden 602 Pers.-mSv akkumuliert, geplant waren 551 Pers.-mSv. Es wurden weder Personenkonta-

minationen, die nicht mit herkömmlichen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen über der Triageschwelle gemäss Dosimetrieverordnung festgestellt.

Die Anlage zeigte sich in einem radiologisch sehr sauberen und zonenkonformen Zustand. Die Dosierung von Zink in den Primärkreis wirkt sich auf den Dosisleistungspegel und die akkumulierten Dosen positiv aus. Im Durchschnitt lag die Dosisleistung an ausgewählten Primärkomponenten um 56% unter dem Wert, der vor Beginn der Zinkdosierung im Jahr 2005 ermittelt worden war. Im Vergleich zum Vorjahrswert (48% unter dem Wert von 2005) wurde damit eine weitere Reduktion erreicht.

Die radiologische Situation aufgrund des immer noch erhöhten Trampurananteils im Kreislauf als Folge der Brennelementdefekte in vergangenen Jahren erforderte auch in der Revision 2013 ergänzende Schutzmassnahmen. Eine Zutrittsbegrenzung für das gesamte Containment wurde dieses Jahr nur noch beim Abheben des RDB-Deckels angeordnet. Die Luftkontamination konnte rasch mit Hilfe der verbesserten Spülluftanlage gesenkt werden.

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

Für detaillierte Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des KKG wird auf den Strahlenschutzbericht 2013 des ENSI verwiesen.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Dies gilt auch für die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser ohne Tritium. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKG betragen rund 26% des Jahresgrenzwerts. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben eine gute Übereinstimmung mit den vom KKG gemeldeten Analyseergebnissen. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKG unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen liegen unter 0,001 mSv für Erwachsene, Zehnjährige und Kleinkinder und liegen damit deutlich unterhalb des quellenbezo-

genen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss Richtlinie ENSI-G15. Die Dosisleistungsmesssonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werks zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Die EDIS-Dosimeter (Environmental Direct Ion Storage Dosimeter) registrierten keine signifikante Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKG wurden ebenfalls keine signifikanten Erhöhungen gegenüber der Untergrundstrahlung festgestellt. Die nach Artikel 102 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 2013 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 21 m³ leicht höher als im Vorjahr. Der Anfall bewegt sich innerhalb der mehrjährigen Schwankungsbreite auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKG vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Ihr Bestand ist mit 38 m³ gering. Brenn- und schmelzbare Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert.

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



Stator auf
einem Tieflader.
Foto: KKG.

Die konditionierten Abfallgebilde werden routinemässig im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKG nutzt aber auch die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Bei der jährlichen Inspektion des Lagergutes wurden keine meldepflichtigen Befunde gemäss den Kriterien der Richtlinie ENSI-B03 festgestellt. 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 KKG wurden im Berichtsjahr 17,5 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen.

Im Frühjahr 2013 fanden vier innerbetriebliche Transporte von insgesamt 48 abgebrannten Brennelementen aus dem Brennelementbecken des Reaktorgebäudes ins externe Nasslager des KKG statt.

Informationen zu Wiederaufarbeitungsabfällen und zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente finden sich gesamthaft für alle Werke im Kapitel 8.

3.6 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI hat im November 2013 anlässlich der ersten Werksnotfallübung GRISU mit Schwerpunkt Feuerwehreinsatz die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. In der Übung wurde die Explosion eines Isolators des Blocktransformators unterstellt. Durch die Explosion fing der Blocktransformator Feuer. Nach dem automatischen Turbinenschnellschluss folgten wegen fehlender Spannungsversorgung durch das 220-kV-Netz eine automatische Reaktorschnellabschaltung und das Anlaufen der Notstromdiesel. Durch starken Wind verursachter Funkenwurf setzte auch das Werkstattgebäude in Vollbrand. Mehrere Verletzte sowie eine in Panik geratene Besuchergruppe mussten betreut werden. Die Experten der kantonalen Aufsichtsbehörde (Solvethurnische Gebäudeversicherung, Abteilung Feuerwehr) beurteilten die Betriebsfeuerwehr.

Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kam das ENSI 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 zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit sind.

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

3.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr hat das KKG den Personalbestand auf 515 Personen erhöht (Ende 2012: 503), was mit dem Personalbedarf für laufende und geplante Projekte sowie mit den Einarbeitungszeiten neuer Mitarbeiter und dem Know-how-Transfer zusammenhängt. Das KKG hat 2013 keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen.

Das Managementsystem des KKG besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2008. Das ENSI führte eine Inspektion der Regelungen im Managementsystem zur Qualitätssicherung von Dokumenten durch. Diese erfüllen die Anforderungen.

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

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

Das ENSI hat eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2012 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2013 der Abteilung Betrieb durchgeführt. Gegenstand waren die an-

lagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator, die allgemeine Wiederholungsschulung sowie deren Änderungen und Neuerungen. Ferner wurde im Rahmen der Inspektion das Dokumentationskonzept der Ausbildung des nicht zulassungspflichtigen Personals sowie die Ausbildung des Fremdpersonals auf Einhaltung der Vorgaben der VAPK und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Das Ausbildungsprogramm erfüllt die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B10.

3.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Die Abarbeitung der Forderungen aus der sicherheitstechnischen Stellungnahme des ENSI zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2008 des Kernkraftwerks Gösgen erfolgt termingerecht. Im Kapitel 10 sind die Arbeiten aufgeführt, welche im Bereich der PSA durchgeführt wurden.

3.9 Sicherheitsbewertung

3.9.1 Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2013 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System sämtliche 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	
	Auslagevorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand nach Verfahren der Anlage	Zustand nach Verfahren des Herstellers & Organisation
Ziele				
Ebene 1	V	V	A	A
Ebene 2	N	V	N	A
Ebene 3	V	V	A	A
Ebene 4		V	V	N
Ebene 5			N	N
Integrität der Brennelemente			N	
Integrität des Primärkreises		V	N	N
Integrität des Containments			N	N
ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung	N		A	V

Sicherheitsbewertung 2013 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 3.1 bis 3.7 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

- Abstandhalter zweier Brennelemente wiesen Beschädigungen auf, welche ohne vorherige Reparatur beim Einsatz in einem nachfolgenden Zyklus zu Hüllrohrschäden und lokaler Überhitzung hätten führen können.
- An einem Lagergestell im externen Nasslager wurde ein verbogenes Einführungsblech festgestellt.
- Durch die Undichtigkeit eines Ventils gelangte Kühlmittel aus dem Not- und Nachkühlsystem in das Brennelementbecken.

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

- Die Fehlbedienung eines Erdungsschalters führte bei abgestellter Anlage zu einer vollständigen Trennung von der externen Stromversorgung.
- Das Vorgehen bei einem Versuch zur Einstellung des Spannungsreglers des neuen Generators führte ungeplant zu einer schnellen Leistungsreduktion.

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

- Eine Fehlhandlung während einer Reaktorschutzprüfung führte bei abgestellter Anlage zu einem Ausfall der Nachkühlung des Reaktorkerns und der Brennelementbecken-Kühlung sowie zur Anforderung eines Notstromdiesel-Generators.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Während eines Versuchs wurde eine unzulässige Erwärmung des Wassers auf der Druckseite einer Notspeisepumpe festgestellt.
- Die unter Ebene 1 genannte Undichtigkeit eines Ventils ist auch für die Ebene 3 von Bedeutung.

- Im Zusammenhang mit der unter Ebene 2 bezüglich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation erwähnten Reaktorschutzprüfung kam es auch zur Unverfügbarkeit einer Abschlussarmatur des Sicherheitsgebäudes.

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

- Ein Montagefehler an einem Mindestmengenventil führte zur unter Zustand und Verhalten der Anlage bewerteten Erwärmung des Wassers auf der Druckseite einer Notspeisepumpe.
- Die unter Ebene 1 genannte Fehlbedienung eines Erdungsschalters ist auch für die Ebene 3 von Bedeutung.
- Die unter Ebene 2 genannte Fehlhandlung während einer Reaktorschutzprüfung ist auch für die Ebene 3 von Bedeutung.

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

- Die unter Ebene 3 genannte unzulässige Erwärmung des Wassers auf der Druckseite einer Notspeisepumpe führte über ein erhöhtes Ausfallrisiko der Pumpe zu einer geringfügigen Risikoerhöhung (ICCDP zwischen 10^{-8} und 10^{-6}).

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

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

Sicherheitsbewertung 2013 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

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

Betriebs-Vorgaben

- Da 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 Beschädigungen von Abstandhaltern zweier Brennelemente, das verbogene Einführungsblech an einem Lagergestell, die Undichtigkeit eines Ventils, die Erwärmung im Bereich einer Notspeisepumpe und die damit verbundene Risikoerhöhung sowie die Unverfügbarkeit einer Abschlussarmatur des Sicherheitsgebäudes als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Aufgrund der geringen Bedeutung der einzelnen Abweichungen bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage insgesamt als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Das ENSI beurteilt die Fehlbedienung eines Erdungsschalters, das Vorgehen bei einem Versuch zur Einstellung des Spannungsreglers des neuen Generators, die Fehlhandlung während einer Reaktorschutzprüfung sowie den Montagefehler an einem Mindestmengenventil als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als gut.

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.



*Kernkraftwerk
Leibstadt.
Foto: ENSI.*

4. Kernkraftwerk Leibstadt

4.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2013 war im Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) durch einen weitgehend ungestörten Vollastbetrieb geprägt. Das ENSI stellt fest, dass das KKL die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten hat. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKL im Jahr 2013 hinsichtlich Auslegungsvorgaben, Betriebsvorgaben sowie Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als hoch. Hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL als gut.

Das KKL ist eine Siedewasserreaktor-Anlage, die ihren kommerziellen Betrieb im Jahr 1984 aufnahm. Die elektrische Nettonennleistung beträgt 1220 MW. Weitere Daten sind in den Tabellen 1 und 2 des Anhangs zu finden. Die Figur 7b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage.

Während die Anlage im Zyklus 29, seit Dezember 2012 mit einem Brennelementschaden betrieben wurde, ist im Zyklus 30 bis Ende des Berichtsjahres kein Brennelementschaden aufgetreten.

Der Revisionsstillstand 2013 dauerte 25 Tage. In dieser Zeit wurden verschiedene routinemässige Instandhaltungsarbeiten und Inspektionen an diversen Komponenten, Systemen und elektro- und leittechnischen Einrichtungen durchgeführt. Zu den Schwerpunkten der diesjährigen Revision gehörten unter anderem die Arbeiten zur Installation einer störfallfesten Instrumentierung für die Brennelementbecken, der Ersatz von Signalumformern im Bereich der Notsteuerstellen, die umfassende Revision einer Grundwasserpumpe im Bereich des Notstandssystems und der Ersatz der Wellen bei zwei Speisewasserpumpen. Weiterhin erfolgten Optimierungen und Anpassungen im Zusammenhang mit der kontinuierlichen Verbesserung und Modernisierung der Gesamtanlage.

Die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurden stets eingehalten.

Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen deutlich unter den behördlich festgelegten Grenzwerten. Die dadurch verursachten zusätzlichen Strahlendosen für die Bevölkerung sind verglichen mit der natürlichen Strahlenexposition unbedeutend.

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

Das ENSI führte in allen Fachgebieten 92 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Acht Reaktoroperateure, sieben Schichtchefs und ein Pickettingenieur bestanden ihre Zulassungsprüfung. Sieben Reaktoroperator-Anwärter absolvierten die theoretische Grundausbildung an der Reaktorschule des Paul Scherrer Instituts erfolgreich.

4.2 Betriebsgeschehen

Das KKL verzeichnete in seinem 29. Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 90,9% und eine Zeitverfügbarkeit von 93,0%. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der letzten 10 Jahre sind im Anhang in Figur 1 dargestellt.

Weiter erfolgten mehrere geplante Lastreduktionen für Steuerstabmusteranpassungen und Prüfungen der Frischdampfisolationsventile.

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

Das Kernkraftwerk Leibstadt war vom 2. bis zum 27. September 2013 zum Revisionsstillstand abgestellt. Während des Anfahrens wurde die Leistung zur Behebung einer Ölleckage an einem der drei Erregertransformatoren des Generators reduziert und der Generator vom Netz getrennt. Nach der Reparatur wurde die Anlage am 29. September 2013 wieder mit dem Netz synchronisiert. Vollast wurde am 1. Oktober 2013 erreicht. Als Ursache für die Leckage wurde eine fehlerhafte innere Verdrahtung einer Messstelle festgestellt, die zu einer lokalen Überhitzung geführt hatte.

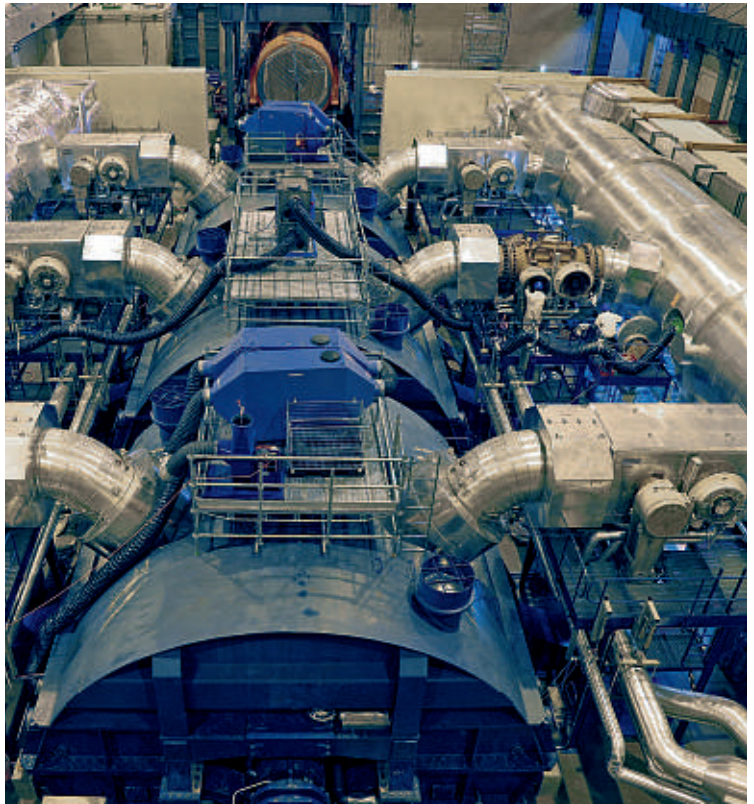
Im Berichtsjahr 2013 waren sieben meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Alle wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zu-

geteilt. Für die systematische Sicherheitsbewertung wird auf Kap. 4.9 verwiesen, für die risikotechnische Beurteilung auf Kap. 10.

- Nach Abschluss von Instandhaltungsarbeiten während des Betriebs wurde die Dichtheit des Sekundärcontainments am 20. April 2013 mit Hilfe eines Strangs des Notabluftsystems überprüft. Der verlangte Unterdruck stellte sich verzögert ein. Ursache war eine fehlerhafte Sollwerteneinstellung zweier Regelarmaturen. Nach Erreichen des verlangten Unterdrucks erwies sich der durch von der Summe der Leckagen des Sekundärcontainments abhängige Luftvolumenstrom als zu gross. Verschiedene kleinere Undichtigkeiten an der Containmentgrenze waren der Grund. Sie wurden innerhalb der in der Technischen Spezifikation vorgeschriebenen Frist behoben. Nachdem auch die Sollwerte der betroffenen Regelarmaturen korrigiert worden waren, konnte die Dichtheit des Sekundärcontainments am 2. Mai 2013 erfolgreich nachgewiesen werden.

- Die zwei Kreisläufe des Reaktorummwälzsystems fördern das Kühlmittel durch den Reaktorkern und dienen der Leistungsregelung. Am 20. Juni 2013 fuhr das Umwälzmengen-Regelventil in einem Kreislauf ausgehend von 48% Öffnung unerwartet zu. Die Schichtmannschaft stoppte das Zufahren bei 32% Öffnung durch einen Handeingriff. Das Schliessen des Ventils bewirkte eine Reduktion der thermischen Reaktorleistung um etwa 8% der Nennleistung und führte zu unterschiedlichen Durchflüssen in den beiden Umwälzkreisläufen. Durch Umschalten von automatischer auf manuelle Regelung und teilweises Schliessen des Regelventils im anderen Umwälzkreislauf konnten die Durchflüsse innerhalb der von der Technischen Spezifikation gegebenen Frist angeglichen werden. Durchflussabweichungen von mehr als 5% sind während maximal zwei Stunden zulässig, da sie zu Vibrationen der Strahlpumpen im RDB führen können. Ursache für das fehlerhafte Schliessen des Ventils war ein Defekt in einem Steuergerät. Nach dessen Austausch wurde die automatische Durchflussregelung wieder eingeschaltet und die Anlage auf Vollast gefahren. Es wurden keine thermischen Betriebsgrenzen des Reaktorkerns verletzt. Ein ähnliches Vorkommnis trat im KKL bereits im Jahre 2010 auf. Mit den neuen frequenzgesteuerten Umwälzpumpen (vgl. Kap. 4.3.2) werden die Umwälzmengen-Regelventile entfallen.

- Aufgrund einer im Hauptkommandoraum angezeigten Störmeldung wurde am 10. August 2013 ein nicht funktionsfähiger Schalter einer Boreinspeisepumpe des Vergiftungssystems festgestellt. Das Vergiftungssystem ist ein redundantes Abschaltssystem, das beim Versagen der Steuerstäbe angefordert würde. Bei einer umgehenden Kontrolle des betroffenen Einschubs wurde eine defekte Steuersicherung gefunden und ausgetauscht. Der zweite Strang des Vergiftungssystems war permanent verfügbar. Die vollständige Betriebsbereitschaft des Vergiftungssystems wurde anschliessend mit einem Systemfunktionstest nachgewiesen. Bei der Untersuchung der Ursache für die aufgetretene Störmeldung konnte jedoch kein Zusammenhang zwischen der defekten Steuersicherung und der sporadisch aufgetretenen Störmeldung festgestellt werden. Der betroffene Einschub des Schaltanlagenstrangs wurde in der Jahresrevision ausgetauscht.
- Während des Abfahrens der Anlage zum Revisionsstillstand kam es am 2. September 2013 zu einem unerwarteten Öffnen einer Überdrucksicherung (Druckstosstür) im oberen Bereich des Dampftunnels. Die Überdrucksicherung dient im Fall eines Leitungsbruches im Dampftunnel dem Schutz vor einem Versagen der Gebäudestrukturen als Folge eines sprunghaften Druckanstieges. Nach dem Abscheren des Schliessbolzens bei einem Überdruck von 34 mbar erfolgt eine gezielte Druckentlastung ins Maschinenhaus. Eine Ursachenabklärung ergab, dass der Schliessbolzen der Überdrucksicherung nicht ordnungsgemäss eingerastet war. Daher verursachte ein geringer Druckanstieg, der beim Schliessen der Frischdampfisolationsventile beim Abfahren der Anlage systembedingt durch inaktive Steuerluft auftrat, ein Öffnen der Überdrucksicherung. Da im Normalbetrieb der Anlage im betroffenen Gebäudebereich ein Unterdruck besteht, wurde die Überdrucksicherung durch die Druckdifferenz stets geschlossen gehalten. Während des Offenstehens der Tür stellte sich auslegungsgemäss eine Strömung aus dem Maschinenhaus in den Dampftunnel ein. Nach 23 Minuten wurde Tür wieder geschlossen. Der Schliessbolzen wurde vorsorglich ausgetauscht.
- Im Verlaufe des Betriebszyklus 29 wurde festgestellt, dass es zu einer Durchflussverminderung in einer Strahlpumpe des Reaktorummwälzkreislaufs gekommen war. Diese Verminderung wurde



Turbinengruppe.
Foto: KKL.

durch die anderen Strahlpumpen kompensiert. Der Weiterbetrieb der Anlage bis zur Jahresrevision war zulässig. Als Ursache für die Durchflussabweichung konnte in der Jahresrevision 2013 eine fehlerhaft montierte Verdrehsicherung einer Speisewasser-Rückschlagarmatur festgestellt werden. Die Verdrehsicherung einschliesslich der zu sichernden Mutter war durch den Speisewasserstrom in Richtung des RDB transportiert worden, was zur teilweisen Verstopfung der Strahlpumpe geführt hatte. Die Verdrehsicherung hatte sich gelöst, weil sie bei Instandhaltungsarbeiten im Jahre 2012 nicht ordnungsgemäss eingebaut worden war. Das Vorkommnis hatte nur eine geringe sicherheitstechnische Bedeutung, weil sich im betroffenen Speisewasserstrang zwei weitere redundante Absperrarmaturen befinden. Der Fremdkörper verursachte auf seinem Weg in die Strahlpumpe keine mechanischen Schäden. Die Meldung an das ENSI erfolgte am 9. September 2013.

- Bei der Durchführung eines zweimonatlichen Funktionstests am 12. November 2013 wurde festgestellt, dass ein Einlassventil für die Ansteuerung eines Steuerstabes nicht öffnete. Die Abschaltfunktion des Steuerstabes blieb dennoch gewährleistet, weil durch das gleichzeitige Öffnen eines weiteren Ventils der Steuerstab infolge des anstehenden Systemdruckes aus dem

Reaktordruckbehälter im Anforderungsfall eingeschossen worden wäre. Bei der Durchführung des zweimonatlichen Funktionstest wird ausschliesslich die Gängigkeit der Ein- und Auslassventile getestet, ohne dass es zu einem tatsächlichen Verfahren der Steuerstäbe kommt. Die Vorgaben der Technischen Spezifikation wurden eingehalten. Die Ursache für die Fehlfunktion des Einlassventils wird im Revisionsstillstand 2014 untersucht. Im Zuge der Ursachenanalyse wurden Mängel bei der Instandhaltung der Einlassventile festgestellt, die jedoch in keinem ursächlichen Zusammenhang mit dem Vorkommnis stehen.

- Aufgrund einer automatischen Alarmmeldung im Hauptkommandoraum wurde am 28. November 2013 festgestellt, dass im Notstandsystem ein Speisegerät in einem Steuerschrank ausgefallen war. Die betroffene Division des Notstandsystems wurde konservativ als Ganzes für nicht verfügbar erklärt. Ursache war der Ausfall einer Sicherung in einer Spannungsüberwachungsbaugruppe. Da sich dieser Baugruppentyp mit nur zwei Ausfällen in 30 Jahren bei gut 100 eingesetzten Geräten als sehr zuverlässig erwiesen hat, ist von einem zufälligen Einzelfehler auszugehen. Es gibt keine Anzeichen für eine echte Auslösung der Sicherung durch zu hohen Strom. Die betroffene Baugruppe wurde innerhalb der von der Technischen Spezifikation gesetzten Frist ausgetauscht. Die Funktionsbereitschaft des Notstandsystems war durch die redundante Division jederzeit gewährleistet.

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.

Legionellen

Im Hauptkühlwassersystem des KKL wurden im Herbst 2010 Bakterien des Typs legionella pneumophila festgestellt. Die Werte im Wasser der Kühlturmtasse lagen wiederholt um die 100 000 koloniebildende Einheiten pro Liter Wasser. Legionellen sind die Verursacher der unter Umständen tödlichen Legionärskrankheit. In regelmässigen Abständen wurden die Mitarbeitenden des KKL über den Zustand des Hauptkühlwassers und über die notwendigen Schutzmassnahmen informiert.

Bereits im Jahre 2012 hatte das ENSI, gestützt auf die Beurteilungen der jeweils zuständigen Fachbe-

hörden, die Freigabe zum Einsatz von Natriumhypochlorit erteilt, welches in gelöster Form auch als Javelwasser bekannt ist. Involviert waren damals das Bundesamt für Gesundheit BAG, das Bundesamt für Umwelt BAFU, die Kantone Aargau, Basel-Stadt und Basel-Landschaft sowie das Landratsamt Waldshut. Der Biozideinsatz wurde zunächst bis März 2013 befristet und im Verlaufe des Jahres zweimal verlängert. Angesichts der nicht optimalen Wirksamkeit wurde beschlossen, das Verfahren durch eine effizientere und umweltfreundlichere Methode zu ersetzen.

Im Dezember 2013 hat das ENSI, ebenfalls unter Einbezug der genannten Fachstellen, die Freigabe zum versuchsweisen Einsatz von Chlordioxid zur Desinfektion des KKL-Hauptkühlwassers bis zur Jahreshauptrevision im August 2014 erteilt. Das Chlordioxid wird dabei vor Ort erzeugt. Über das weitere Vorgehen wird aufgrund der Versuchsergebnisse entschieden.

4.3 Anlagetechnik 2013

4.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstands in der Zeit vom 2. September bis 27. September 2013 wurden geplante Instandhaltungsarbeiten wie Inspektionen an mechanischen und elektrischen Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen sowie wiederkehrende Funktionsprüfungen und Begehungen an Komponenten und Systemen durchgeführt. Nachfolgend werden davon einige der sicherheitstechnisch wichtigen erläutert:

- Mehrere Stützen am Reaktordruckbehälter wurden mechanisiert mit Ultraschall und Wirbelstrom geprüft. Dabei ergaben sich keine unzulässigen Befunde.
- Die jährliche visuelle Prüfung der Einbauten im Reaktordruckbehälter wurde gemäss Prüfvorschrift durchgeführt. Dabei wurde auch der oben erwähnte Fremdkörper in einer Strahlpumpe gefunden und geborgen. An der betroffenen Strahlpumpe wurden keine Beschädigungen festgestellt.
- An 21 Durchdringungen und 22 Isolationsarmaturen des Containments wurden Dichtigkeitsprüfungen durchgeführt. Die Anforderungen der Technischen Spezifikation wurden erfüllt. Das KKL unterzog 50 Sicherheitsventile einer Funktionsprüfung. Wo nötig wurden die Armaturen revidiert.

Im Revisionsstillstand 2013 wurden zahlreiche Anlageänderungen vorgenommen:

- Zur Überwachung der Umwälzpumpen während des Betriebs hat das KKL drei strahlenbeständige Videokameras installiert.
- Die Steuerungs- und Umschaltlogiken im Bereich der Hilfsdampfumformer, der Vorwärmer-Kondensatpumpen und des Steuerflüssigkeitssystems im Maschinenhaus wurden verbessert.
- Im Hauptkommandoraum sowie im Simulator wurde eine Grossbildanzeige mit drei Bildschirmen für das Anlageinformationssystem installiert und so die Visualisierung der Anlageparameter verbessert.
- Im Hinblick auf die Installation der störfallfesten Instrumentierung in den Brennelementbecken zur Überwachung von Füllstand und Temperatur fanden Vorbereitungsarbeiten statt.
- Zwei Anlagen der unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) wurden alterungsbedingt ersetzt.
- Verschiedene nicht mehr lieferbare Signalumformer wurden durch solche eines anderen Herstellers ersetzt.
- Die Schreiber in den Notsteuerstellen wurden durch papierlose Geräte ersetzt. Die Schreiber im Hauptkommandoraum wurden durch neue Zuordnungen von Messwerten und Einbauorte ergonomisch optimiert.
- An zwei der drei Speisewasserpumpen wurden die Hauptpumpenwellen und die Laufräder vorbeugend durch solche mit besserer Verschleissfestigkeit ersetzt. Gleichzeitig wurden neu diamantbeschichtete Gleitringdichtungen eingesetzt. Bereits im Jahr 2011 war in einer Speisewasserpumpe versuchsweise eine diamantbeschichtete Gleitrichtung eingebaut worden. Aufgrund der guten Betriebserfahrung, die eine längere Einsatzdauer zeigt, wurden 2013 die anderen Pumpen nachgerüstet.
- Im Kühlturm wurden eine zusätzlichen Feuerlöschleitung und ein zusätzlicher Notausstieg installiert, sowie die Absperrklappen der Winterringleitung mit elektrischen Antrieben ausgestattet.

4.3.2 Anlageänderungen

Die Bauarbeiten an der neuen Aktivlagerhalle für kontaminierte Grosskomponenten wurden fortgesetzt. Das Gebäude für die Frequenzumrichter der geplanten neuen Reaktorumwälzpumpen wurde im Berichtsjahr zum grossen Teil fertiggestellt. Da-

neben ist ein Bürogebäude im Bau, welches auch ein neues Personalrestaurant beinhaltet.

4.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im Verlauf des 29. Zyklus (2012/2013) liessen Aktivitätsfreisetzungen im Primärkreislauf eindeutig auf einen Brennelementscha den schliessen. Mittels Teleskop-Sipping während der Jahreshauptrevision 2013 wurde ein Brennelement des Typs SVEA-96 Optima2 mit zwei Standzeiten als defekt identifiziert. Beim weiteren Vollkern-Sipping wurden zwei weitere Defekte gefunden. Betroffen waren ein weiteres Brennelement dieses Typs sowie ein Brennelement des Typs AREVA 10XM mit jeweils fünf Standzeiten.

Die Klärung der Ursachen war Ende 2013 noch nicht abgeschlossen. Die bisherigen Untersuchungen lieferten keinen Hinweis auf eine systematische Ursache für die Brennelementscha den, wovon sich das ENSI im Rahmen einer Inspektion überzeugt hatte. Die defekten Brennelemente kamen im 30. Zyklus nicht zum Einsatz.

Für den 30. Zyklus wurden insgesamt 100 frische Brennelemente des Typs SVEA-96 Optima2 und acht frische Vorläuferbrennelemente des Typs ATRIUM 11 eingesetzt. Ausserdem wurden 13 Original-Equipment-Steuerstäbe durch frische Steuerstäbe des Typs CR82M-1 ersetzt. Der Reaktorkern besteht aktuell aus 323 ATRIUM-10XM-, 309 SVEA-96-Optima2-, acht SVEA-96-Optima3- und acht ATRIUM-11-Brennelementen. Das ENSI hat sich davon überzeugt, dass das KKL nur frische Brennelemente einsetzt, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.

Im Jahr 2013 lagen die Schwerpunkte der Brennelementinspektionen auf dem Zustand von Brennelementen der Typen SVEA-96 Optima2 und Optima3 sowie auf der Verteilung der Kastenverbiegungen. Die gemessenen Werte für Brennstabwachstum, Kastenwachstum und Kastenverbiegung lagen im Auslegungsbereich. In Bezug auf Crud- und Oxid-Abplatzungen ergaben sich keine Besonderheiten.

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.



4.4 Strahlenschutz

Schutz des Personals

Die während des Kalenderjahrs 2013 im KKL akkumulierte Kollektivdosis betrug 1267 Pers.-mSv. Die höchste registrierte Jahresindividualdosis betrug 8,9 mSv. Alle Individualdosen lagen unter dem Dosisgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Es wurden weder Personenkontaminationen, die nicht mit herkömmlichen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen über der Triageschwelle gemäss Dosimetrieverordnung festgestellt.

Die Dosisprognose für die gesamte Revision hatte 752 Pers.-mSv ergeben, tatsächlich gemessen wurden 797 Pers.-mSv.

Die Abgas- und Reaktorwasseranalysen vor der Revision ergaben Hinweise auf Brennelement-Hüllrohrdefekte. Die daraufhin von KKL getroffenen Massnahmen umfassten unter anderem eine lokale Leistungsreduktion, damit im betroffenen Brennelement die Ausweitung des Primärschadens gehemmt und die Wahrscheinlichkeit für Sekundärschäden reduziert wird. Zudem hatte sich das KKL entschieden, dieselbe Abfahrprozedur wie im Jahr 2012 anzuwenden. Hierbei wurde die Wasserstoffeinspeisung parallel zur Leistung heruntergefahren und 10 Stunden vor Abschalten des Reaktors beendet. Durch frühzeitiges Schliessen der

Ventile zur Sekundäranlage konnte der Übertrag von Iod ins Maschinenhaus deutlich begrenzt werden.

Trotz dieser Massnahmen wurden in der Sekundäranlage neue Hot Spots entdeckt und punktuell höhere Dosisleistungen gemessen. Das KKL reagierte darauf mit Absperrungen und Kennzeichnung dieser Stellen und anschliessender Bergung beziehungsweise Spülung. Es hat sich vorgenommen, in den kommenden Jahren mit gezielten Massnahmen Hot Spots zu vermeiden. Im Übrigen waren die radiologischen Arbeitsbedingungen während des Revisionsstillstands in der kontrollierten Zone gut.

Die Dosisleistungen an den Rezirkulationsschleifen waren im Mittel gegenüber dem Vorjahr um 10% auf 1,62 mSv/h angestiegen. Ein solcher Anstieg war aufgrund der vor wenigen Jahren eingeführten OLNC und der Co-60-Konzentration im Reaktorwasser während des Leistungsbetriebs erwartet worden und wurde in der Strahlenschutzplanung berücksichtigt.

Trotz der Brennelementschäden sowie einigen wenigen ausserplanmässigen Arbeiten lag die tatsächliche Dosis innerhalb der Planungsgenauigkeit von $\pm 10\%$. Die Kollektivdosisplanungen der einzelnen Jobs sind in vielen Fällen sehr gut ausgefallen. Es wurden oft nur geringe Abweichungen von den geplanten Werten festgestellt. Beispielsweise sah die

Strahlenschutzplanung für die Prüfung der Mischnähte an den RDB-N3-Stützen 55 Pers.-mSv vor. Tatsächlich wurden 52 Pers.-mSv akkumuliert. Der Einsatz von Funkdosimetern bei Taucherarbeiten in der Druckabbaukammer sowie beim Austausch von Steuerstabantrieben hat sich positiv auf die radiologische Überwachung der Arbeiten ausgewirkt.

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

Mit Verfügung vom 19. September 2013 hat das ENSI die Personendosimetriestelle des KKL für weitere fünf Jahre anerkannt.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Dies gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser ohne Tritium. Die Tritium-Abgaben des KKL betragen rund 7% des Jahresgrenzwertes. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben Übereinstimmung mit den vom KKL gemeldeten Analyseergebnissen. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKL unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen rund 0,003 mSv für Erwachsene, 0,004 mSv für Zehnjährige und 0,007 mSv für Kleinkinder und liegen damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss der Richtlinie ENSI-G15. Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die Thermolumineszenz-Dosimeter, die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerksareals die Dosis messen, zeigten mit einem Jahreshöchstwert von 1,5 mSv eine leichte Erhöhung gegenüber dem Vorjahr (1,2 mSv). Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKL wurden 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 2013 des ENSI verwiesen.

4.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKL regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas- und Fortluftreinigung und als verbrauchte Kernkomponenten 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 41 m³ niedriger als im Vorjahr. Der Anfall bewegt sich in der mehrjährigen Schwankungsbreite auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKL vorhandenen un-konditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Ihr Bestand ist mit 16 m³ gering. Brenn- und weitere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der Zwiilag bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren kommt im KKL die Zementierung von Harzen und Konzentraten zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und Richtlinie ENSI-B05 erforderlichen behördlichen Typenge-nehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden verbrauchte Harze und Konzentrate in zwei Kampagnen zementiert.

Die konditionierten Abfallgebilde werden routinemässig im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKL nutzt aber auch die Kapazitäten der Zwiilag. Bei der jährlichen Inspektion des Lagergutes wurden keine meldepflichtigen Befunde gemäss den Kriterien der Richtlinie ENSI-B03 festgestellt. 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 47 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freigesessen.

Informationen zu Wiederaufarbeitungsabfällen und zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente finden sich gesamthaft für alle Werke im Kapitel 8.

4.6 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI hat im November 2013 anlässlich der Gesamtnotfallübung ODYSSEUS die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Es wurde ein auslegungsüberschreitendes Erdbeben unterstellt. Die Kernkühlung konnte in der ersten Phase von 6 Stunden noch gewährleistet werden. Durch ein weiteres auslegungsüberschreitendes Nachbeben kam es zu einem vollständigen Verlust der Kern- und Containmentkühlung. Das Erreichen der Kernoberkante mit der Gefahr eines Kernschadens führte zur Auslösung des Kriteriums «RABE WARNUNG». Die Abdeckung des Reaktorkerns führte zu einem Brennstoffschaden und bei Eintritt des Kernschmelzvorgangs wurde das Kriterium «RABE ALLGEMEINER ALARM» erreicht. Der Druckanstieg im Primärcontainment führte rund 6 Stunden nach dem Verlust der Kernkühlung zum Ansprechen der Berstscheibe des gefilterten Druckentlastungssystems. Aufgrund einer Leckstelle vor der Filteranlage kam es zu einer ungefilterten Abgabe an die Umgebung. Durch Accident-Management-Massnahmen mit Ausrüstungen aus dem externen Lager Reitnau konnte der Reaktorkern wieder gekühlt und das Schmelzen beendet werden. Das KKL und das ENSI haben Optimierungsmöglichkeiten bei der Übermittlung von Anlageparametern bei Unverfügbarkeit der automatischen Datenübertragung und beim Informationsfluss von und zum externen Lager Reitnau identifiziert.

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

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

Das ENSI löste im KKL ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit

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

4.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr hat das KKL den Personalbestand weiter leicht auf 549 Personen erhöht (Ende 2012: 541), was mit dem Personalbedarf für laufende und geplante Projekte sowie mit den Einarbeitungszeiten neuer Mitarbeiter und dem Know-how-Transfer zusammenhängt. Zum 1. Januar 2013 wurde die Abteilung Elektrotechnik reorganisiert. Das ENSI hat sich im Rahmen seiner Aufsicht davon überzeugt, dass diese Reorganisation den Anforderungen der Richtlinie ENSI-G07 genügt.

Das Managementsystem des KKL besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2008. Das ENSI führte eine Inspektion der Regelungen im Managementsystem zur Qualitätssicherung von Dokumenten durch. Diese erfüllen die Anforderungen.

Im Berichtsjahr bestanden sieben Reaktoroperateur-Anwärter des KKL die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der Reaktorschule des PSI. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Die Ausbildung vermittelt die erforderlichen theoretischen Kenntnisse auf den Gebieten der thermischen Kraftwerkstechnik, Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz.

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

Das ENSI hat eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2012 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2013 der Abteilung Betrieb durchgeführt. Gegenstand waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator, die allgemeine Wiederholungsschulung sowie deren Änderungen und Neuerungen. Ferner wurde im Rahmen der In-

spektion das Dokumentationskonzept der Ausbildung des nicht zulassungspflichtigen Personals sowie die Ausbildung des Fremdpersonals auf Einhaltung der Vorgaben der VAPK und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Das Ausbildungsprogramm erfüllt die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B10.

4.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Das ENSI hatte im Zusammenhang mit der im Jahre 2006 eingereichten Periodischen Sicherheitsüberprüfung eine Reihe von Forderungen erhoben. Der grösste Teil der Forderungen wurde inzwischen erfüllt. Im Kapitel 10 sind die Arbeiten aufgeführt, welche im Bereich der PSA durchgeführt wurden.

4.9 Sicherheitsbewertung

4.9.1 Detaillierte Bewertung

Im Jahr 2013 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System sämtliche 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	
	Kategorie-Vorgaben	Anfalls-Vorgaben	Zeitpunkt und Verhalten der Anlage	Zeitpunkt und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele				
Ebene 1		V	A	N
Ebene 2		N	V	N
Ebene 3		V	A	V
Ebene 4		V	A	V
Ebene 5			N	V
Barrieren				
Integrität der Brennelemente			N	N
Integrität des Primärkreises			N	N
Integrität des Containments		V	A	V
ebenen- oder barrieren-übergreifende Bedeutung		N	A	V

Sicherheitsbewertung 2013 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

- Das fehlerhafte Schliessen eines Umwälzregelventils führte zu einer zu grossen Durchflussabweichung zwischen den beiden Umwälzkreisläufen.
- Ein Montagefehler an einer Speisewasser-Rückschlagarmatur führte zu einem Fremdkörpereintrag in den Reaktorkühlkreislauf und dadurch zur teilweisen Verstopfung einer Strahlpumpe.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Bei einer Funktionsprüfung öffnete ein Einlassventil für die Ansteuerung eines Steuerstabes nicht, wodurch dieser Steuerstab für die Schnellabschaltfunktion als nicht verfügbar galt.
- Der Ausfall eines Speisegeräts führte dazu, dass eine Division des Notstandsystems als nicht verfügbar galt.

Ebene 4, Zustand und Verhalten der Anlage:

Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Wegen eines fehlerhaften Schalters war eine Boreinspeisepumpe des Vergiftungssystems un- verfügbar.

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

- Aufgrund der fehlerhaften Sollwerteneinstellung an zwei Regelarmaturen und verschiedener kleinerer Undichtigkeiten wies das Sekundärcontainment nach Instandhaltungsarbeiten nicht die geforderte Dichtheit auf.
- Infolge eines nicht ordnungsgemäss eingerasteten Schliessbolzens öffnete beim Abfahren der Anlage zum Revisionsstillstand eine Überdrucksicherung des Dampftunnels, wodurch das Sekundärcontainment nicht mehr die geforderte Dichtheit aufwies.

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

- Der unter Ebene 3 genannte Fehler eines Einlassventils für die Ansteuerung eines Steuerstabes führte zu einer geringfügigen Risikoerhöhung (ICCDP zwischen 10^{-8} und 10^{-6}).

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

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

Sicherheitsbewertung 2013 KKL: Schutzziel-Perspektive

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

4.9.2 Gesamtbewertung

Auslegungs-Vorgaben

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

Betriebs-Vorgaben

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

Zustand und Verhalten der Anlage

- Das ENSI beurteilt die Durchflussabweichung zwischen den beiden Umwälzkreisläufen, die teilweise Verstopfung einer Strahlpumpe, die Nichtverfügbarkeit eines Steuerstabs für die Schnellabschaltfunktion und die dadurch bedingte Risikoerhöhung, die Nichtverfügbarkeit einer Division des Notstandsystems sowie die Nichtverfügbarkeit einer Boreinspeisepumpe des Vergiftungssystems als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

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



*Zentrales Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen.
Foto: ENSI.*

5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen

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

5.1 Zwischenlagergebäude

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

beitung, 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 heisse Zelle.

Im Berichtsjahr hat im HAA-Lager keine Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern (TL-Behälter) mit abgebrannten Brennelementen oder hochaktiven verglasten Abfällen aus der Wiederaufarbeitung stattgefunden. Der Lagerbestand im HAA-Lager hat sich somit gegenüber den Vorjahren nicht verändert. Er betrug 40 TL-Behälter, davon 5 CASTOR®- und 6 TN-Behälter mit insgesamt 308 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen bei AREVA NC (La Hague), 28 TN-Behälter mit insgesamt 2039 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb der KKW sowie 1 CASTOR®-Behälter

mit den Brennelementen aus dem stillgelegten Forschungsreaktor DIORIT des Paul Scherrer Instituts (PSI). Die Belegung des HAA-Lagers beträgt per Ende 2013 rund 20%. Neben den erwähnten TL-Behältern mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen befinden sich in der Behälterlagerhalle seit September 2003 auch die sechs Grossbehälter mit Stilllegungsabfällen aus dem ehemaligen Versuchsatomkraftwerk Lucens.

Im MAA-Lager wurden im Berichtsjahr konditionierte Gebinde eingelagert. Ende 2013 betrug der Bestand im MAA-Lager 6828 Gebinde in Lagergestellen, was einem Belegungsgrad von rund 25% entspricht. Das SAA-Lager wird entsprechend dem Nutzungskonzept der Zwiilag 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.

5.2 Konditionierungsanlage

Die Konditionierungsanlage dient der Behandlung von schwachaktiven Abfällen aus dem Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke sowie von radioaktiven Abfällen aus der Sammelstelle des Bundes (Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung), sofern diese keine Alphastrahler enthalten.

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

Betriebsabfälle aus den Kernkraftwerken, die nicht als verbrennbarer oder schmelzbarer Abfall direkt in der Plasma-Anlage verarbeitet werden können, wurden im Bereich der Konditionierung unterschiedlichen Behandlungsverfahren unterzogen. Das Ziel ist es, eine möglichst grosse Menge als inaktives Material freizumessen und den verbleibenden radioaktiven Abfall in eine konditionierte Form zu überführen, die den Anforderungen der Richtlinie ENSI-B05 entspricht. Im ZZL wurden im Berichtsjahr insgesamt 62,5 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 als inaktiv freigegeben.

Neben den angelieferten Abfällen wurden auch Sekundärabfälle aus dem Betrieb der Lager sowie der Konditionierungsanlage und der Plasma-Anlage konditioniert.

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

*Fässer mit konditionierten Abfällen.
Foto: Zwiilag.*



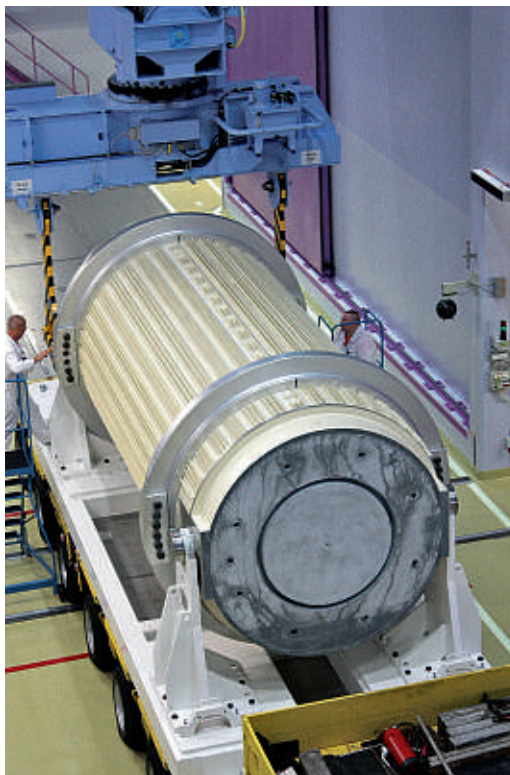
Produkt stellt nach entsprechender Verpackung eine zwischen- und endlagerfähige Abfallform dar. Zur Verarbeitung gelangen Abfälle aus dem Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke sowie aus Medizin, Industrie und Forschung.

Aufgrund der hohen Produktivität der Plasma-Anlage in den vergangenen Kampagnen sowie der insgesamt geringen Abfallproduktion der Schweizerischen Kernanlagen wurde im Berichtszeitraum nur eine Verbrennungskampagne durchgeführt. Die Arbeiten verliefen planmässig, was sich in der vorschriftsgemässen Verarbeitung von 634 Abfallfässern und 3 Fässern mit aktivem Flüssigabfall zu 159 konditionierten Gebinden ausdrückt.

5.4 Strahlenschutz

Im ZZL wurde 2013 eine Kollektivdosis von 15,7 Pers.-mSv akkumuliert. Der geschätzte Wert von 26,6 Pers.-mSv wurde dank guter administrativer und technischer Strahlenschutzmassnahmen deutlich unterschritten. Die höchste registrierte Einzeldosis betrug 1,6 mSv. Im Berichtsjahr wurden weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen festgestellt. Die durch den Strahlenschutz regelmässig erhobenen Proben zeigten weder auf den Oberflächen noch in der Atemluft Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben und Aerosolfiltern bestätigten die von der Zwiilag gemeldeten Analyseergebnisse. Die aufgrund der Abgaben unter ungünstigen Annahmen berechnete Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung der Zwiilag lagen mit weniger als 0,001 mSv für Erwachsene, Zehnjährige und Kleinkinder deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,05 mSv. Die Zwiilag 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 Zwiilag zeigten keine dem Betrieb der beiden Anlagen zuzuschreibende Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Die nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung



Transport- und Lagerbehälter beim Umladen im Zwischenlager.
Foto: Zwiilag.

ausserhalb des Betriebsareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden somit in jedem Fall eingehalten.

Die Tätigkeiten in den Anlagen der Zwiilag wurden unter Einhaltung der gesetzlichen und internen Strahlenschutzvorgaben durchgeführt. Die Ergebnisse der ENSI-Inspektionen bestätigen, dass im ZZL ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz angewendet wird. Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des gemeinsamen Standortes von PSI und Zwiilag wird auf den Strahlenschutzbericht 2013 des ENSI verwiesen.

5.5 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI hat im Juni an der Werksnotfallübung SKIRON die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Zu Übungszwecken wurde dabei angenommen, dass ein Ereignis im KKB (Kühlmittelverluststörfall) das Aufbieten des Notfallstabes der

Teilansicht
der Plasma-Anlage.
Foto: Zwiilag.



Zwiilag erfordert. Dadurch wurden die mit der Übung ebenfalls angenommenen betrieblichen Tätigkeiten (laufende Bleischmelzkampagne, eine Verbrennungskampagne im Plasmaofen und ein Gefahrguttransport der Klasse 7 vom KKM ins Zwiilag) gestört. Zusätzlich wurde für das Übungsszenario ein Brand von eingelagerten Filtern angenommen. Die Zwiilag identifizierte Optimierungspotenzial bei der Stabsarbeit, der Bilanzierung von anwesenden Personen auf dem Gelände sowie der Eingliederung der Betriebswache in den Notfallstab.

Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kam das ENSI zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Die Zwiilag verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

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

5.6 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr hat sich der Personalbestand der Zwiilag mit 73 Personen gegenüber dem Vorjahr (2012: 73) nicht verändert. Die Zwiilag hat in 2013 keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen.

Das Managementsystem der Zwiilag besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2008. Das ENSI führte eine Inspektion der Regelungen im Managementsystem zur Qualitätssicherung von Dokumenten durch. Diese erfüllen die Anforderungen.

5.7 Vorkommnisse

Im Berichtsjahr waren hinsichtlich der nuklearen Sicherheit keine meldepflichtigen Vorkommnisse (gemäss Richtlinie ENSI-B03) zu verzeichnen.

5.8 Gesamtbeurteilung

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Zwiilag die verschiedenen Anlagen des zentralen Zwischenlagers im Jahr 2013 sicher betrieben und dabei jederzeit die bewilligten Betriebsbedingungen eingehalten hat. Das Managementsystem, die Qualifikation und die Kapazität des Personals sowie der Zustand der verschiedenen Anlagen stellen ein hohes Mass an Qualität und Zuverlässigkeit sicher.



*Paul Scherrer Institut
PSI (vorne links und
Mitte rechts) mit
Zwilag (Mitte rechts).
Foto: ENSI.*

6. Paul Scherrer Institut (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 Mensch und Gesundheit, Materie und Material sowie Energie und Umwelt. Zudem betreibt das PSI das Bundeszwischenlager, welches der Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle aus der schweizerischen Medizin, Forschung und Industrie dient.

Das Hotlabor, die Anlagen für die Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle sowie die sich in Nachbetrieb oder Stilllegung befindlichen Forschungsreaktoren PROTEUS, SAPHIR und DIORIT sind Kernanlagen und werden durch das ENSI beaufsichtigt. Durch den Betrieb der Kernanlagen des PSI gab es keine nennenswerten radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung; der Schutz von Mensch und Umwelt war im Berichtsjahr gewährleistet.

Hinsichtlich der nuklearen Sicherheit waren zwei Vorkommnisse zu verzeichnen, welche dem ENSI gemäss Richtlinie ENSI-B03 gemeldet wurden. Sie waren von geringer sicherheitstechnischer Bedeutung und werden im Kapitel 6.7 erörtert.

Weil sich bei langfristigen Projekten des PSI Verzögerungen ergaben und Gesuchsunterlagen teilweise unvollständig waren, wurden durch das ENSI verschiedene Forderungen und Verfügungen erlassen. Zudem wurden Massnahmen im Bereich Personal und Organisation veranlasst. Sie werden in Kapitel 6.6 erläutert.

6.1 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. Das PSI-Labor für Endlagersicherheit benutzt das Hotlabor für wissenschaftliche Untersuchungen des Transportverhaltens von Radionukliden in Gesteinen.

Im Berichtsjahr wurden im Hotlabor nach Abschluss der entsprechenden Untersuchungen die restlichen MEGAPIE-Abfälle konditioniert und die KKG-Brennstabsegmente verpackt und für die Rückführung zum Werk bereitgestellt.

Im Hotlabor erfolgt auch die Konditionierung radioaktiver Abfälle aus dem Betrieb seiner heissen Zellen. Darunter fallen insbesondere flüssige Abfälle, die bei der Brennstoff-Analytik anfallen und Aktinide sowie Spalt- und Aktivierungsprodukte enthalten. Zur Verfestigung dieser flüssigen radioaktiven Abfälle hat das PSI die Fixbox-3-Anlage entwickelt und konstruiert. Nach erfolgter Nachrüstung und Freigabe durch das ENSI erfolgte im Berichtsjahr im Rahmen der Typenprüfung die Verarbeitung der ersten zwei Chargen.

Im Jahr 2013 wurden insgesamt rund 10,3 t Material aus dem Hotlabor gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen. Der grösste Teil dieses Materials stammte aus diversen Nachrüstungen und Umbauarbeiten.

Das ENSI hatte die Beurteilung der zur Erneuerung der Betriebsbewilligung des Hotlabors eingereichten Unterlagen im Jahr 2012 abgeschlossen. Daraus ergaben sich 36 Nachforderungen, welche am 25. Juli 2012 an das PSI verfügt wurden. Einen Teil dieser Forderungen hat das PSI im Berichtsjahr 2013 erfüllt. Forderungen, die bisher noch nicht erfüllt wurden, hat das ENSI in seinem Gutachten gegenüber dem UVEK als konkrete Bewilligungsaufgaben vorgeschlagen. Betroffen war davon auch der Nachweis für die Festigkeit des Hotlabors gegen ein 10'000-jährliches Erdbeben. Da er noch nicht vollständig erbracht werden konnte, hat das ENSI im August 2013 die Menge der in den betroffenen Bereichen handhabbaren Kernmaterialien per Verfügung eingeschränkt. Nachdem die KNS Ende 2013 ihre Stellungnahme zum Gutachtenentwurf des ENSI abgegeben hat, wurde dieses fertiggestellt und an das UVEK übergeben.

6.2 Kernanlagen in Stilllegung

In der Schweiz befinden sich derzeit vier Kernanlagen in unterschiedlichen Phasen des Nachbetriebs oder der Stilllegung. Sämtliche dieser endgültig ausser Betrieb genommenen Anlagen befinden sich am PSI. Dabei handelt es sich um die ehemaligen Forschungsreaktoren SAPHIR, DIORIT und PROTEUS sowie um die ehemalige Versuchsverbrennungsanlage (VVA).

6.2.1 SAPHIR

Im ehemaligen Forschungsreaktor SAPHIR finden mit Ausnahme von Ausbildungstätigkeiten keine weiteren Tätigkeiten statt. Der Rückbau des Reaktorbeckens und der biologischen Abschirmung ist seit längerer Zeit abgeschlossen. Im Vergleich zum Vorjahr präsentiert sich die Anlage unverändert. Der planmässige, mit dem vollständigen Abbruch der Kernanlage und der Entlassung aus der Kernenergiegesetzgebung endende Abschluss der Stilllegung kann zurzeit nicht realisiert werden, weil sich noch Kernbrennstoff auf der Anlage befindet. Vor diesem Hintergrund wurde durch das ENSI eine neue Sicherheitsbewertung der Anlage durch das PSI verlangt. Einen Teil der geforderten Nachweise erbrachte das PSI noch im laufenden Berichtsjahr. Die stillgelegte Anlage unterliegt der betrieblichen Überwachung und Instandhaltung.

6.2.2 DIORIT

Die Rückbauarbeiten des Forschungsreaktors DIORIT dauerten im Jahr 2013 noch an. Das Fundament des biologischen Schilddes Reaktors wurde zurückgebaut. Insgesamt fielen in der Berichtsperiode im DIORIT rund 14,7 t Tonnen Material an, die gemäss der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen und konventionell entsorgt wurden.

Die Gebäude des ehemaligen Forschungsreaktors sollen erhalten bleiben. Das PSI plant, diese anderweitig zu nutzen. Zuvor müssen aber noch der sogenannte Schwarzbereich (ein asbestfaserdicht eingerichteter Arbeitsbereich) aufgehoben, weitere

Übersicht über den Stand der Stilllegung der betroffenen Kernanlagen am PSI.

Name	Erste Kritikalität	Endgültige Ausserbetriebnahme	Stilllegungsverfügung ausgestellt	Entlassung aus KEG
SAPHIR	30.04.1957	21.06.1994	30.11.2000	–
DIORIT	15.08.1960	08.07.1977	26.09.1994	–
PROTEUS	26.01.1968	19.04.2011	ausstehend	–
VVA	21.10.1974 (erste Verbrennung)	19.11.2002	ausstehend	–

Sanierungen vorgenommen, die restlichen radioaktiven Abfälle entsorgt und die Stilllegung abgeschlossen werden. Ausserdem muss der bewilligungsrechtliche Rahmen für die vom PSI angestrebte weitere Nutzung geklärt werden. Vor diesem Hintergrund hat das ENSI nun per Ende 2014 die Einreichung des Abschlussberichts zur Stilllegung verfügt. Dabei muss das PSI ein verbindliches Konzept für die Entsorgung der verbleibenden Stilllegungsabfälle einreichen und die bewilligungsrechtlichen Rahmenbedingungen für die künftig beabsichtigte Nutzung des DIORIT-Gebäudes berücksichtigen.

6.2.3 PROTEUS

Im Berichtsjahr konnte die Personalsituation in der seit April 2011 stillgelegten Reaktoranlage PROTEUS verbessert werden. So konnte das PSI das komplette Inventar an radioaktiven Materialien in der Anlage aufnehmen und damit beginnen, Abfälle freizumessen und zu entsorgen. Ausserdem hat das PSI die Gesuchsunterlagen für das Stilllegungsprojekt und den Nachbetrieb ausgearbeitet. Nach Abklärung der Zuständigkeiten bei den Bundesbehörden reichte das PSI die Stilllegungsprojekt-Unterlagen schliesslich im Juni 2013 beim Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) ein. Daraufhin wurde das ENSI vom Bundesamt für Energie (BFE) mit der sicherheitstechnischen Prüfung der Unterlagen beauftragt. Das ENSI hat die Unterlagen inzwischen einer Grobprüfung unterzogen und eine Reihe von Nachforderungen formuliert, die das PSI bis Ende Juni 2014 erfüllen muss. In diesem Zusammenhang muss das PSI auch seine Betriebsdokumentation für den Nachbetrieb des stillgelegten Forschungsreaktors überarbeiten und nochmals beim ENSI einreichen. Insbesondere muss dabei die Weiterverwendung oder Entsorgung des Kernbrennstoffs mit hoher Priorität vorangetrieben werden.

6.2.4 Versuchsverbrennungsanlage

Im Berichtsjahr wurde das im Jahr 2011 vom PSI eingereichte Stilllegungsprojekt für die Versuchsverbrennungsanlage (VVA) und sämtliche dazu verfassten Gutachten aufgelegt, wie es das Kernenergiegesetz verlangt. Dabei sind keine Einsprachen eingegangen. Aufgrund der Stellungnahmen wird das UVEK die Stilllegungsverfügung erlassen. Sobald diese vorliegt und die notwendigen vorbereitenden Arbeiten abgeschlossen sind, kann der Rückbau der VVA beginnen.

6.3 Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle

6.3.1 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 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 sind unterschiedliche Konditionierungs- und Verpackungskonzepte erforderlich, was im Vergleich mit Kernkraftwerken zu einem umfangreicheren und sich häufiger ändernden Spektrum an Abfallgebindetypen führt.

Im Jahr 2013 wurden insgesamt rund 35,5 m³ Abfälle bei der Bundessammelstelle angeliefert, davon 34,0 m³ aus dem PSI und 1,5 m³ aus der jährlichen Sammelaktion des Bundesamts für Gesundheit (BAG).

Zusätzlich wurden 37 vorkonditionierte Stahlzylinder mit vorwiegend tritiumhaltigen MIF-Abfällen angeliefert. Deren Übertritt in den Aufsichtsbe- reich des ENSI wurde vorgängig auf Basis der Richtlinie ENSI-B05 genehmigt. Derartige Zylinder mit flüchtigen Abfällen werden routinemässig in der Industrie hergestellt. Sie sind als dicht verschweisste, prüfpflichtige Versandstücke qualifiziert und werden jährlich bei der Bundessammelstelle am PSI abgeliefert.

Zur Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG wurden im Berichtsjahr keine neuen Abfallgebilde hergestellt oder abgeliefert. Der Bestand betrug per Ende 2013 unverändert 9 Sammelfässer zu 200 Liter.

Im Berichtsjahr hat das PSI 13 Fässer zu 200 Liter mit Pu-haltigen/-kontaminierten Abfällen aus dem Hotlabor sowie 4 Beton-Kleincontainer vom Typ KC-T12 mit Stilllegungsabfällen aus dem Forschungsreaktor DIORIT (1 KC-T12) und Abfällen aus den Beschleunigeranlagen des PSI-West (3 KC-T12, wovon 1 KC-T12 mit den Restabfällen aus den Nachbestrahlungsuntersuchungen des MEGAPIE-Targets) endkonditioniert.

7,77 m³ Material konnten dekontaminiert und freigeschleust werden.

Des Weiteren hat das ENSI die Typengenehmigung von drei neuen Abfallgebindetypen mit operationellen Beschleunigerabfällen, vorkonditionierten Spallationstargets, Kollimatoren und Beamdumps mit Auflagen erteilt und die Nachdokumentation diverser bislang nicht spezifizierter Abfallgebände (Altlasten) mit Auflagen genehmigt. Die Bearbeitung weiterer vom PSI eingereicher Typengenehmigungs- und Nachdokumentationsgesuche war per Ende 2013 noch nicht abgeschlossen, da die Gesuchsunterlagen teilweise nicht den Anforderungen des ENSI genügten.

6.3.2 Lagerung radioaktiver Abfälle

Im Bundeszwischenlager (BZL) werden konditionierte Abfälle vorwiegend in 200-Liter-Fässern und Kleincontainern (bis 4,5 m³) eingelagert. Fallweise werden mit spezifischer Zustimmung des ENSI unkonditionierte Komponenten in Kleincontainern temporär aufbewahrt, sofern dies dem Optimierungsgebot nach Artikel 6 der Strahlenschutzverordnung entspricht.

In der Berichtsperiode wurden 16 neue endkonditionierte 200-Liter-Gebinde, jedoch keine KC-T12-Container in das Bundeszwischenlager BZL eingelagert. Zudem wurden 100 Stahlzylinder aus industrieller Fertigung in das BZL eingelagert (Lagerung in KC-T12-Container). Ende 2013 war der mit 200-Liter-Fässern belegte Raum mit 4860 Gebinden (16 mehr als im Vorjahr) gefüllt. Das Inventar im BZL-Container-Teil belief sich unverändert auf 86 endkonditionierte KC-T12/30.

In weiteren Hallen des Bereichs der Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (AERA) lagern entsprechend den betrieblichen Erfordernissen sowohl unkonditionierte als auch konditionierte Abfälle. Ende 2013 befanden sich im DIORIT neben diversen noch nicht endkonditionierten Stilllegungsabfällen aus dem Rückbau DIORIT und SAPHIR noch ein bereits mit Rückbauabfällen befüllter KC-T12. 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 Inventare der radioaktiven Abfälle.

Die in Kap. 6.3.1 genannten bei der Bundessammelstelle abgelieferten 37 Stahlzylinder wurden im Hinblick auf deren Einlagerung in das BZL temporär

in den Lagerhallen auf dem Gelände AERA untergebracht.

In Zusammenhang mit der temporären Lagerung grösserer Mengen an Kernmaterialien im Betriebsgebäude OBGA und deren Konditionierung im Abfalllabor OALA forderte das ENSI im Berichtsjahr 2013 die Aktualisierung der Sicherheitsberichte dieser Anlagen. Dies insbesondere, um die bewilligte Alpha-Aktivitätsgrenze abzusichern. Zusätzlich hat das ENSI auch verlangt, dass die Weisungen zum Umgang mit Kernmaterialien am PSI aktualisiert werden. Mangels eigener Kapazitäten beabsichtigt das PSI die Überarbeitung der Sicherheitsberichte extern in Auftrag zu geben.

Für das Bundeszwischenlager reichte das PSI Ende September 2013 eine überarbeitete, ebenfalls geforderte Störfallanalyse beim ENSI ein. Angekündigt wurde durch das PSI zudem die Einreichung eines kombinierten Bau- und Betriebsbewilligungsgesuches im Jahr 2014 für einen Erweiterungsbau zum heute zu über 80% gefüllten Bundeszwischenlager.

6.4 Strahlenschutz

Im Jahr 2013 akkumulierten die 1446 beruflich strahlenexponierten Personen des PSI eine Kollektivdosis von 71,4 Pers.-mSv (2012: 90,2 Pers.-mSv). Davon stammen 13,6 Pers.-mSv aus dem Aufsichtsbereich des ENSI (2012: 12,3 Pers.-mSv) bei einer höchsten Individualdosis von 1,3 mSv (2012: 1,2 mSv).

Das ENSI hat vierteljährlich Wasserproben aus den Abwassertanks des PSI erhoben und bei der gamma-spektrometrischen Auswertung festgestellt, dass die Ergebnisse des ENSI mit denen der PSI-eigenen Analysen übereinstimmen. Aus den bilanzierten Abgaben radioaktiver Stoffe über die Fortluftanlagen und über das Abwassersystem wurde unter konservativen Annahmen für den ungünstigsten Aufenthaltsort ausserhalb des überwachten PSI-Areals eine Personendosis von rund 0,006 mSv/Jahr berechnet. Diese Dosis liegt deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv/Jahr gemäss PSI-Abgabereglement. Detaillierte Angaben zu den Personendosen sind im Strahlenschutzbericht 2013 des ENSI zu finden.

6.5 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des PSI ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werksareals zu-



Blicks ins
Bundeszwischenlager.
Foto: PSI.

ständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und einer entsprechenden Auslegung seiner Anlagen hat das PSI die Notfallbereitschaft sicherzustellen.

Das ENSI hat im Oktober 2013 an der Institutsnotfallübung CRASH zusammen mit dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) die Notfallorganisation des PSI beobachtet und beurteilt. Für die Übung wurde unterstellt, dass ein Gefahrguttransport Klasse 7 (radioaktive Stoffe) von einem anderen Fahrzeug gerammt wird. Daraufhin kollidierte das Fahrzeug mit einem Gebäude und fing Feuer. Dadurch erfolgte eine Freisetzung von radioaktiven Stoffen. Das BAG und das ENSI identifizierten Optimierungspotential bei einer frühzeitigen Abschätzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung und der Anordnung entsprechender Schutzmassnahmen durch die frühzeitige Alarmierung und Einbezug eines Strahlenschutzsachverständigen im Notfallstab.

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

6.6 Personal und Organisation

Die Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit (ASI), die Sektion Rückbau und die Entsorgung (RBE) sowie die Abteilung Hotlabor (AHL) bzw. das Labor

für Nukleare Materialien (LNM) haben eigene Managementsysteme, welche gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2008 zertifiziert sind. Das ENSI führte eine Inspektion der Regelungen im Managementsystem zur Qualitätssicherung von Dokumenten durch. Sie erfüllen die Anforderungen.

Im Berichtsjahr hat sich die Zahl des notwendigen, zulassungspflichtigen Personals am Forschungsreaktor PROTEUS wieder normalisiert. Nach Fachgesprächen mit dem ENSI konnten im Berichtsjahr fünf Zulassungsprüfungen für den abgeschalteten Forschungsreaktor PROTEUS am PSI durchgeführt werden. Damit konnte die Zahl des zulassungspflichtigen Personals auf 9 erhöht werden. Aus Sicht des ENSI ist damit eine genügende Zahl an zulassungspflichtigem Personal vorhanden, um den abgeschalteten Forschungsreaktor PROTEUS auch im Hinblick auf den Nachbetrieb und die Stilllegung zu betreuen. Die Personalsituation und die Organisation in den sich im Rückbau befindenden Kernanlagen SAPHIR und DIORIT war im Vergleich zum Vorjahr weitgehend unverändert. Für den unter Kap. 6.2.2 geschilderten Sachverhalt im DIORIT bedeutete dies eine angespannte Situation.

Im Jahr 2013 wurden im Rahmen der Überarbeitung der Betriebsreglemente mehrere Fachgespräche zwischen dem PSI und dem ENSI geführt, da diese teilweise unklare Organisationsstrukturen enthielten. Das PSI hat daraufhin damit begonnen, seine Organisation in den Betriebsreglementen der einzelnen Kernanlagen mit klareren Weisungsstruk-

turen und Verantwortlichkeiten zu beschreiben und abzubilden.

Bezüglich Sicherheitskultur ist durch das PSI ein den Grundsätzen der nuklearen Sicherheit angemessenes Verantwortungsbewusstsein im Umgang mit Bewilligungen und der Beachtung von Auflagen und Forderungen sicherzustellen. Entsprechende Verbesserungen im Bereich Mensch und Organisation wurden eingeleitet.

Ausgenommen der vorstehend genannten Punkte, für welche entsprechende Massnahmen des PSI durch das ENSI veranlasst wurden, genügen die Organisation, das Managementsystem, die Qualifikation und Kapazität des Personals in den Kernanlagen des PSI den behördlichen Anforderungen.

Um sich zu vergewissern, dass das PSI die Projekte in seinen verschiedenen Anlagen auch in Zukunft sicherheits- und zeitgerecht mit ausreichenden Ressourcen abwickeln kann, hat das ENSI vom PSI im Berichtsjahr die Erarbeitung einer langfristigen Übersichtsplanung verlangt.

6.7 Vorkommnisse

6.7.1 PROTEUS

Beim Bruch einer unterirdischen Trinkwasserleitung zwischen dem OBEA und dem Forschungsreaktor PROTEUS kam es am 2. März 2013 zu einem Wassereinbruch in das PROTEUS-Gebäude. Dabei wurden übergreifend je eine kontrollierte Zone vom Typ I und II geflutet. Das PSI und das ENSI boten ihre Notfallstäbe zur Bewältigung des Vorkommnisses auf. Die radiologische Situation blieb während der ganzen Zeit normal: Das Wasser wurde nicht kontaminiert und es wurden keine erhöhten Dosisleistungen gemessen. Mit Hilfe der Feuerwehr und unter Überwachung des Betriebsstrahlenschutzes des PSI wurde das Wasser nach Zustimmung des ENSI aus dem Gebäude abgepumpt. Das ENSI ordnete das Vorkommnis der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zu.

6.7.2 Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (AERA)

Im Rahmen seines Überwachungsprogramms stellte das PSI in der Lagerhalle A/B des Betriebsgebäudes an einem erst im Jahr 2011 angelieferten Stahlzylinder mit Ra-226-haltigen Abfällen Blähungserscheinungen fest. Als mögliche Ursache wurde Wasserstoffentwicklung infolge von Korrosion des

im Abfallgebände enthaltenen, abfallstämmigen Aluminiums identifiziert. In Anbetracht seiner Einschätzung des vom schadhafte Gebinde ausgehenden Gefahrenpotenzials hat das PSI unverzüglich Massnahmen zur Wiederherstellung eines sicheren und spezifikationsgerechten Zustandes eingeleitet. Diese wurden vom ENSI überprüft und gutgeheissen, woraufhin das Gebinde druckentlastet, mit einem Druckentlastungsventil versehen und anschliessend unter Beobachtung gestellt wurde. Das ENSI ordnete das Vorkommnis der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zu. Die gemeldeten Vorkommnisse waren von geringer sicherheitstechnischer Bedeutung. Durch den Betrieb der Kernanlagen des PSI gab es keine radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung.

6.8 Schule für Strahlenschutz

Nach Prüfung der Gesuchsunterlagen wurde der Ausbildungskurs zur Strahlenschutz-Fachkraft vom ENSI für eine Periode von weiteren zehn Jahren bis 2022 anerkannt. Dieser Kurs dauert mit Prüfungsvorbereitungen und Prüfung 15 Wochen. Aufgrund der spezifisch an die Aufgaben der Strahlenschutz-Fachkräfte im Berufsalltag ausgerichteten Ausbildung sowie der nachhaltigen Vermittlung der hierfür erforderlichen Grundlagen wird der Kurs von Strahlenschutzpersonal aus den schweizerischen Kernanlagen sowie von Dienstleistungsunternehmen besucht. Der Strahlenschutz-Fachkraft-Kurs wurde im Berichtsjahr von 12 Teilnehmern aus schweizerischen Kernkraftwerken, dem PSI, der Zwiilag sowie in- und ausländischen Dienstleistungsunternehmen absolviert. Alle 12 Teilnehmer haben die schriftlichen, mündlichen sowie praktischen Prüfungen erfolgreich bestanden. Das ENSI hat die Qualität des Unterrichts beurteilt, die Prüfungen beaufsichtigt und ein hohes Niveau der Lehrveranstaltungen festgestellt. Das ENSI hat sich im Berichtsjahr an den Fortbildungsveranstaltungen der Schule für Strahlenschutz beteiligt und hierbei Erkenntnisse aus der Aufsichtstätigkeit sowie den aktuellen Stand der Wissenschaft vermittelt.

Das ENSI wirkt ausserdem bei den Prüfungen zu den Kursen für Gefahrgutbeauftragte sowie für Sachverständige für Klasse-7-Transporte (radioaktive Stoffe) mit, indem es einerseits die relevanten Regeländerungen bei der Schule einspeist und andererseits bei der Zusammenstellung der Prüfungsfragen und bei der Prüfungsauswertung mitwirkt. Im Jahr 2013 haben 11 von 13 Kandidaten das Ziel erreicht.

7. Weitere Kernanlagen

7.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

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

Im Jahr 2013 stand der CROCUS-Reaktor Ingenieur- und Physikstudenten der EPFL, Kursteilnehmern der Reaktorschule des PSI und Studenten des Swiss Nuclear Engineering Masterkurses der ETHZ/EPFL während 313,4 Stunden bei kleiner Leistung (unter 100 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 1133,4 Wh thermische Energie erzeugt. Das Experiment CARROUSEL wurde für Praktika verwendet. Die Neutronenquelle LOTUS war nicht in Betrieb.

Im Juni 2013 wurde der CROCUS-Reaktorkern ausgebaut und alle Brennstäbe aus den vorgegebenen Positionen herausgenommen und kontrolliert. Das ENSI hat bei dieser Gelegenheit eine Inspektion durchgeführt. Im September 2013 wurde vom ENSI die Betriebsfreigabe für den Einsatz der beiden neuen Steuerungs- und Überwachungsracks für den Einsatz des Sicherheitskanals VS-1 erteilt.

Im Jahr 2013 waren keine meldepflichtigen Vorkommnisse von sicherheitstechnischer Bedeutung gemäss Richtlinie ENSI-B03 zu verzeichnen. Die Dosen des Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend. Im November 2013 hat das ENSI seine Jahresinspektion durchgeführt. Dabei wurden technische, organisatorische und personelle Änderungen besprochen und ein Rundgang durch verschiedene Anlagenräume durchgeführt.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Betriebsbedingungen im Jahr 2013 eingehalten wurden.

7.2 Universität Basel

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

Die Nutzung des Reaktors hat sich gegenüber den Vorjahren kaum verändert. Im Berichtsjahr betrug die produzierte Energie 45,5 kWh. Die Nutzung verteilt sich auf die Neutronenaktivierungsanalytik für die Universitäten Bern und Basel, die Kurse der Reaktorschule und der Strahlenschutzkurse sowie auf etliche Vorführungen für Besuchergruppen und Schulklassen. Der Reaktorbetrieb erfolgte im Kalenderjahr 2013 weitgehend 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.

Bei Brennelementhandhabungen ist es am 6. August 2013 zum Absturz eines Brennelements gekommen. Dabei wurde der Aluminiumrahmen dieses Brennelements leicht nach innen verbogen. Das Brennelement hat keinen weiteren Schaden erlitten, die Brennstoffplatten wurden nicht beschädigt. Es wurde keine Radioaktivität freigesetzt. Das Ereignis wurde gemäss der Richtlinie ENSI-B03 dem ENSI gemeldet. Die Sicherheit der Anlage war zu keiner Zeit beeinträchtigt. Als Folgemaassnahme wurden der Stangengreifer modifiziert und die Arbeitsanweisungen angepasst. Dieses Vorkommnis wurde auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 (unterhalb der Skala) eingestuft.

Im Berichtsjahr lagen die Dosen des Personals unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und den Abwasserpfad war unbedeutend. Im November 2013 hat das ENSI seine Jahresinspektion durchgeführt. Dabei wurden technische, organisatorische und personelle Änderungen besprochen und es wurde ein Rundgang durch die Anlagenräume durchgeführt. Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Betriebsbedingungen im Jahr 2013 eingehalten wurden.

8. Transporte und Behälter

8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung

Die schweizerischen Vorschriften für den Transport radioaktiver Stoffe auf Strasse und Schiene basieren u.a. auf den internationalen Regelwerken über den Transport gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR¹) bzw. mit der Eisenbahn (RID²). Bei allen Verkehrsträgern kommen die IAEA-Empfehlungen für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe zur Anwendung. Basierend auf diesen Empfehlungen wird das internationale Transportrecht regelmässig angepasst. Diese wurden 2012 aufdatiert (SSR-6³); ihre Einarbeitung in die modalen Transportvorschriften für die einzelnen Verkehrsträger ist derzeit noch nicht abgeschlossen. Im nationalen Transportrecht für Gefahrgüter der Klasse 7 (radioaktive Stoffe) gelten u.a. die SDR⁴ und die RSD⁵.

Die nach diesen Rechtsvorschriften erforderlichen Genehmigungen betreffen je nach Anwendungsfall die Versandstücke und/oder den Beförderungsvorgang. Sie bilden eine Voraussetzung für die ebenfalls erforderlichen Bewilligungen nach Kernenergie- oder Strahlenschutzgesetz (vergl. folgende Kapitel). Das ENSI ist die zuständige schweizerische Behörde für die Ausstellung von Genehmigungszeugnissen und Bauart-Zulassungscheine bzw. entsprechende Anerkennungen gemäss Gefahrgutgesetzgebung, und zwar unabhängig davon, ob es sich beim Transportgut um radioaktive Stoffe aus Kernanlagen oder aus anderen Betrieben handelt.

¹ *Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse*

² *Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter*

³ *IAEA Safety Standards: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2012 Edition, Specific Safety Requirements SSR-6*

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

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

Derzeit findet in der Schweiz keine Fertigung von zulassungspflichtigen Versandstücken statt. Die umfassende Zulassung derartiger Behältertypen im Ursprungsland ist nicht Aufgabe des ENSI. Dagegen ist häufig eine Anerkennung der von der zuständigen Behörde des Ursprungslandes ausgestellten Zulassung von Versandstückmustern erforderlich. Dabei prüft das ENSI die Vollständigkeit des zugehörigen Sicherheitsberichts insbesondere hinsichtlich des Nachweises, dass alle gemäss ADR/RID und SSR-6 vorgeschriebenen Anforderungen erfüllt sind. Beförderungsgenehmigungen sind in bestimmten Fällen erforderlich, vor allem wenn die Beförderung aufgrund einer Sondervereinbarung erfolgt. In solchen Fällen müssen für den Transport spezielle Massnahmen durch das ENSI festgelegt werden. Zudem wird anhand der eingereichten Dokumente jeweils geprüft, dass Verpackung und Inhalt den Vorschriften entsprechen.

Im Berichtsjahr 2013 hat das ENSI 5 Gesuche nach Gefahrgutgesetzgebung beurteilt und die entsprechenden Genehmigungen ausgestellt. Diese Gesuche betrafen die Anerkennung der jeweiligen ausländischen Zulassung von Versandstückmustern. Zwei Gesuche bezogen sich zusätzlich auf eine Beförderungsgenehmigung nach Gefahrgutrecht.

8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung

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

reich ist das BAG zuständig. Das BAG und das ENSI wenden seit kurzem ein vereinfachtes Bearbeitungsverfahren an, sofern ein Gesuchsteller bereits in Besitz einer entsprechenden Bewilligung aus dem jeweils anderen Zuständigkeitsbereich ist. Im Berichtsjahr 2013 hat das ENSI drei allgemeine Bewilligungen erteilt und eine Bewilligung des BAG im vereinfachten Verfahren anerkannt.

8.3 Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung

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

Im Berichtsjahr 2013 hat das ENSI 11 Beurteilungen für kernenergierechtliche Transportbewilligungen abgegeben. Von diesen betrafen 7 Bewilligungen Transporte von Kernmaterial und 4 solche von Abfällen. Bei den Kernmaterialien handelte es sich um die Versorgung von vier Werken mit frischen Brennelementen und um zwei Transporte von Brennstäben für eine Untersuchung beim Paul Scherrer Institut. Bei den radioaktiven Abfällen ging es um 4 Transporte von diversen KKW ins Zwiilag zur Verarbeitung und Zwischenlagerung.

8.4 Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen

In La Hague (Frankreich) und in Sellafield (Grossbritannien) sind in früheren Jahren abgebrannte Brennelemente aus schweizerischen Kernkraftwerken durch die Firmen AREVA NC und SL (Sellafield Ltd.) im Rahmen der abgeschlossenen Verträge wiederaufgearbeitet worden. Durch das Wiederaufarbeitungsmoratorium (Art. 106, Abs. 4 KEG) beschränkten sich diese Arbeiten allerdings auf die vor Juli 2006 dorthin transportierten Brennele-

mente und sie sind inzwischen abgeschlossen. Die bei der Wiederaufarbeitung entstandenen Abfälle müssen vertragsgemäss in die Schweiz zurückgeführt werden. Zur Rücklieferung sind bereits verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung bei AREVA NC und bei SL sowie mittelaktive Abfälle der AREVA NC erzeugt. Im Berichtsjahr wurden weder Transporte aus Frankreich noch aus Grossbritannien in die Schweiz durchgeführt. Aus bereits in den Vorjahren erfolgten Transporten beträgt die Rücklieferungsquote aus Frankreich bereits ca. 70% und zwar sowohl für die hochaktiven als auch für die mittelaktiven Abfälle. Es fanden intensive Arbeiten statt, um die Lieferung und Annahme der restlichen, bereits erzeugten und den schweizerischen Werken zugeordneten Abfälle planmässig in den Jahren 2014 und 2015 durchzuführen.

Ebenfalls intensive Vorbereitungen erfolgten für die Rücklieferung der Abfälle aus Grossbritannien, welche 2015 starten soll und insgesamt aus nur 2 Transporten mit jeweils mehreren Behältern bestehen wird.

Im Berichtsjahr hat das ENSI dem jeweiligen Abfalleigentümer so genannte Genehmigungen zum Übertritt in den Aufsichtsbereich des ENSI gemäss der Richtlinie ENSI-B05 für 40 Gebinde aus Frankreich und 84 Gebinde aus Grossbritannien erteilt.

8.5 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern

Das Konzept der Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und von hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung (Glaskokillen) besteht darin, diese Abfälle in störfallsicheren Transport- und Lagerbehältern (T/L-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 ein kontinuierliches Überwachungssystem angeschlossen. Die T/L-Behälter müssen die Sicherheit für den gesamten Zeitraum der Zwischenlagerung gewährleisten, weshalb hierfür gegenüber einem reinen Transportbehälter nochmals erhöhte Anforderungen zu erfüllen sind. Details und Verfahren hierzu regelt die Richtlinie ENSI-G05. Mit dieser Richtlinie sind nicht nur die Anforderungen an die Auslegung der T/L-Behälter spezifiziert, sondern auch die Anforderungen an die

Behälterfertigung, wie etwa Qualitätsanforderungen, begleitende Kontrollen oder Behälterdokumentation. Bei der Fertigung der T/L-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 2013 befanden sich 29 Transport- und Lagerbehälter in den verschiedenen Fertigungsphasen, von der Fertigungsvorbereitung bis zur Freigabe zur Verwendung durch das ENSI. Die 29 Behälter teilen sich auf

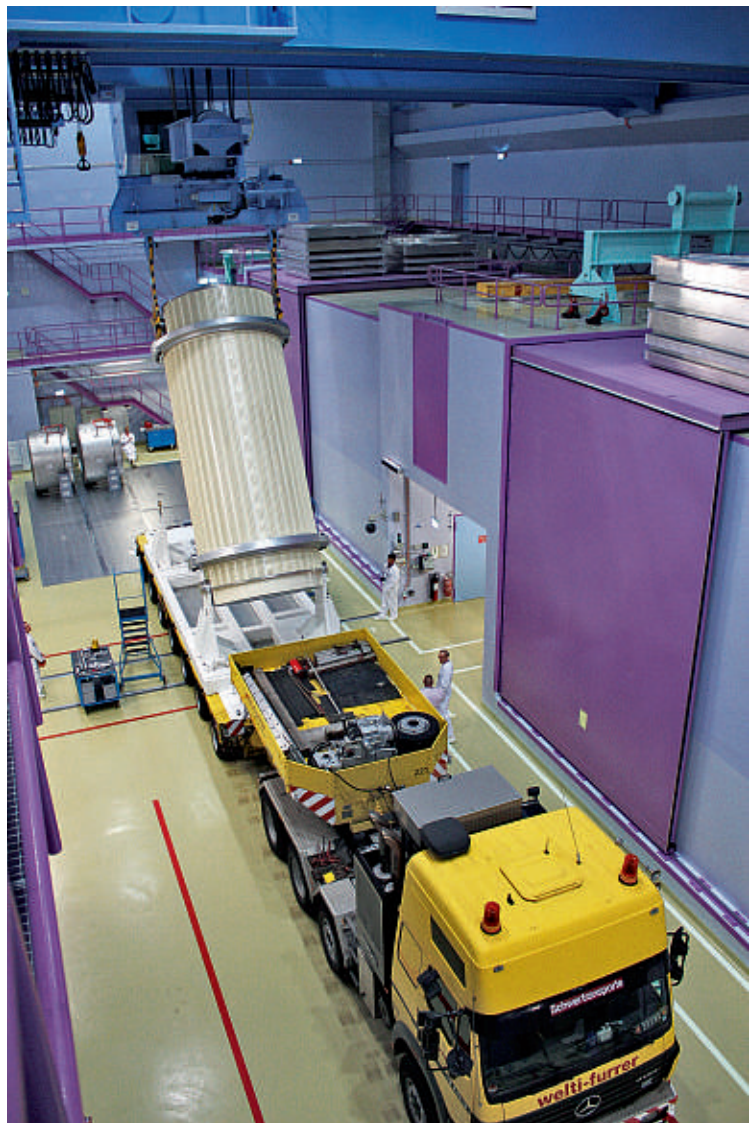
- in 9 Behälter zweier unterschiedlichen Bauarten für die hochaktiven Abfälle aus den Wiederaufarbeitungsanlagen La Hague und Sellafield und
- in 20 Behälter dreier unterschiedlichen Bauarten für abgebrannte Brennelemente.

Soweit sich Abweichungen bei der Fertigung ergaben, wurden diese in allen Fällen von den Herstellern korrigiert oder nach eingehender Prüfung als akzeptabel qualifiziert.

Die Anzahl und der Umfang der Abweichungen haben sich beim bedeutendsten Behälterlieferanten der schweizerischen Werke gegenüber dem Vorjahr nicht reduziert, was nach wie vor zu weit über dem Plan liegenden Lieferzeiten führt. Weitergehende Massnahmen wurden angemahnt und befinden sich in der Umsetzung. Drei der vier schweizerischen KKW-Standorte sind – allerdings in unterschiedlichem Masse – von den erheblich verlängerten Behälterlieferzeiten betroffen. Das ENSI musste die Kapazitäten in diesem Bereich in den vergangenen Jahren mehr als verdoppeln, um die unverändert zeitgerechte Bearbeitung der damit verbundenen Inspektionen und Fertigungsdokumentationen zu gewährleisten.

Ergänzend zu den Kontrollen im Bereich der laufenden Fertigung von T/L-Behältern wird die Zulassung und Vorab-Fertigung für eine neue, speziell für die Schweiz vorgesehene Behälterbauart für bestrahlte Brennelemente bearbeitet und überwacht. In diesem Zusammenhang wurde die Kooperation mit der amerikanischen Aufsichtsbehörde US NRC initiiert und darüber hinaus auch ein regelmässiger Austausch mit der belgischen Aufsichtsbehörde FANC begonnen.

Im Berichtsjahr 2013 wurden seitens des ENSI eine Freigabe für die Verwendung und eine Freigabe für die Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern erteilt.



Umladen eines Transport- und Lagerbehälters im Zwischenlager der Zwiilag.
Foto: Zwiilag.

Zurzeit befinden sich drei neue Behälterbauarten im Zulassungsverfahren nach der Richtlinie ENSI-G05. Auf Grund des teilweise innovativen Charakters dieser Behälterbauarten wird die Begutachtung unter Beiziehen externer Experten abgewickelt.

8.6 Inspektionen und Audits

Bei der Beförderung radioaktiver Stoffe müssen zur Sicherheit des Transportpersonals und der Bevölkerung die Strahlenschutz- und Transportvorschriften eingehalten werden. Die Qualitätssicherungsprogramme der Konstrukteure und Hersteller von Verpackungen sowie jene der Spediteure, Absender, Beförderer und Empfänger von radioaktiven Stoffen müssen die Einhaltung der Vorschriften gewährleisten. Im Rahmen der in den Kapiteln 8.1, 8.2 und 8.3 beschriebenen Bewilligungsverfahren

wird dies vom ENSI generisch überprüft. Zudem prüft das ENSI im Rahmen seiner Inspektionen regelmässig übergeordnete organisatorische Aspekte, die als gute Indikatoren für ein «gelebtes» Qualitätsbewusstsein dienen.

Das ENSI führte im Jahr 2013 in seinem Aufsichtsbereich 11 Transportinspektionen durch. Die Inspektionen betrafen den Versand und den Empfang von Brennelementen, Proben, Quellen, Abfällen und kontaminierten Anlagenteilen sowie einen innerbetrieblichen Transfer von Brennelementen und die erstmalige Handhabung eines noch nicht gefüllten Behälters neuen Typs. Die Grenzwerte, insbesondere für Kontamination und Dosisleistung wurden in allen Fällen eingehalten. Bezüglich der Transportdurchführung konnte bei allen Inspektionen die Einhaltung der Vorschriften bezüglich Sicherheit und Strahlenschutz des Personals, der Bevölkerung und der Umwelt nachgewiesen werden. Bei vier Inspektionen ergaben sich kleinere Beanstandungen hinsichtlich der Dokumentation und der Prozessabläufe. In zwei Fällen waren hiervon Kernkraftwerke betroffen. Dort wurde in einem Fall der Ablauf bei der Dokumentenerstellung und -übergabe und im anderen Fall die Anwendung einer Checkliste beanstandet. Die beiden anderen Fälle betrafen die Dokumentationspflichten von Beförderern. In allen Fällen hat das ENSI Forderungen zu Verbesserungsmassnahmen gestellt. Die Umsetzung konkreter Massnahmen ist in zwei Fällen bis Ende Berichtsjahr erfolgt und für die beiden anderen Fälle innert nützlicher Frist vorgesehen.



Aussenansicht des
Besucherzentrums
beim Felslabor Mont
Terri.
Foto: CCV.

9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle

Einleitung

Die Abfallverursacher der Schweiz haben die gesetzliche Verpflichtung, die anfallenden radioaktiven Abfälle sicher in geologischen Tiefenlagern zu entsorgen. Diese Aufgabe wurde von den Entsorgungspflichtigen an die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) übertragen. Deren aktuelles Entsorgungskonzept umfasst zwei Tiefenlager, eines für schwach- und mittelaktive Abfälle und eines für hochaktive Abfälle. Die Möglichkeit eines Kombilagers besteht als Alternative, wenn ein Standort für beide Abfallarten geeignet ist und sich die beiden Lagertypen nicht gegenseitig negativ beeinflussen. Die durch die Nagra verfolgte wissenschaftliche und technische Vorbereitung der geologischen Tiefenlager umfasst eine Vielzahl interdisziplinärer Projekte

und bezweckt die Erarbeitung konkreter Vorschläge für geologische Standortgebiete und die Ausgestaltung eines Lagers im Untergrund.

Seit 2008 läuft mit dem Sachplan geologische Tiefenlager in der Schweiz ein Standortauswahlverfahren (Kap. 9.1). Die Verfahrensleitung im Sachplan erfolgt durch das Bundesamt für Energie (BFE). Das Sachplanverfahren befindet sich aktuell in Etappe 2, im Berichtsjahr wurden bezüglich der Standortwahl für die Oberflächenanlagen wichtige Meilensteine erreicht.

Die Nagra muss für die Entsorgungspflichtigen alle fünf Jahre zuhanden des Bundes ein Entsorgungsprogramm einreichen, in dem der Realisierungsplan der Entsorgung und die dazu notwendigen Schritte ausgeführt werden (Kap. 9.2). Der schweizerische Bundesrat hat das vom ENSI und BFE über-

prüfte Entsorgungsprogramm der Nagra aus dem Jahre 2008 im Berichtsjahr angenommen und dazu mehrere weiterführende Auflagen verfügt. Gleichzeitig mit dieser Verfügung hat der schweizerische Bundesrat den von der Nagra verfassten Bericht mit den offenen Fragen aus dem Entsorgungsnachweis (NTB 08-02) angenommen und verfügt, dass diese offenen Fragen künftig im Rahmen des Entsorgungsprogramms zu betrachten sind (Kap. 9.3).

In die Vorbereitungsarbeiten auf die sicherheitstechnischen Beurteilungen von Aspekten zur Geologie und bautechnischen Machbarkeit in den geologischen Standortgebieten zu Etappe 2 des Sachplans geologische Tiefenlager hat das ENSI seine Expertengruppe geologische Tiefenlagerung (EGT) (Kap. 9.4) sowie swisstopo, Geologie- und Ingenieurbüros und weitere Experten eingebunden. Insbesondere für die Resultate der 2D-seismischen Messkampagne der Nagra vom Winter 2011/2012 wurde bereits mit Beurteilungsarbeiten begonnen. Dieser Datensatz wird eine wichtige Grundlage für die Vorschläge der Nagra in Etappe 2 bilden.

Daneben werden durch das ENSI und die von ihm beauftragten Experten auch eigene, für die Tiefenlagerung notwendige Untersuchungen durchge-

führt. Ein grosser Teil dieser Daten wird im Felslabor Mont Terri ermittelt, in welchem das ENSI auch im Berichtsjahr in mehreren Forschungsprojekten mitgearbeitet hat (Kap. 9.5). Die Verfolgung des Stands von Wissenschaft und Technik bezüglich tiefenlagerrelevanter Prozesse wird seitens ENSI durch die vielfältige Mitarbeit in internationalen Programmen gewährleistet (Kap. 9.6).

9.1 Sachplan geologische Tiefenlager

Der vom Bundesrat im April 2008 genehmigte Sachplan geologische Tiefenlager regelt das Schweizer Standortauswahlverfahren für geologische Tiefenlager. Das Verfahren ist in drei Etappen gegliedert. Etappe 1 wurde Ende 2011 vom Bundesrat gutgeheissen, nachdem der von der Nagra eingereichte Vorschlag durch das ENSI und weitere Gremien geprüft worden war. Dieser Vorschlag umfasst sechs Standortgebiete für ein Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (Gebiete Südranden, Zürich Nordost, Nördlich Lägern, Jura Ost, Jura-Südfuss und Wellenberg) sowie drei Standortgebiete für die Lagerung hochaktiver Abfälle (Gebiete Zürich Nord-

Im Besucherzentrum
des Felslabors
Mont Terri.
Foto: CCV.



ost, Nördlich Lägern und Jura Ost). Diese geologischen Standortgebiete wurden in die Raumplanung der jeweiligen Region integriert.

In der 2012 gestarteten Etappe 2 des Sachplanverfahrens hat die Nagra zunächst innerhalb der aus der Etappe 1 resultierenden Standortgebiete und der sie umgebenden Planungsperimeter Standorte für Oberflächenanlagen vorgeschlagen und diese mit den in jedem Standortgebiet gebildeten Partizipationsgremien (Regionalkonferenzen) diskutiert. Das ENSI hat diese Diskussionen mit Fachbeiträgen zu sicherheitstechnischen Aspekten begleitet. Insbesondere wurden dabei auch die drei 2013 veröffentlichten Aktennotizen (ENSI 33/154, 33/155 und 33/170) mit weiteren Anforderungen an die Nagra zu Etappe 2 in den Regionalkonferenzen bzw. Fachgruppen Sicherheit der Regionalkonferenzen vorgestellt. Daneben wurden Ausbildungsveranstaltungen für die Mitglieder der Regionalkonferenzen sowie weitere Veranstaltungen mit standortspezifischen Fragen, beispielsweise bezüglich der sicherheitstechnischen Vor- und Nachteile von Schächten und Rampen als Zugangsbauwerke, durchgeführt.

Sicherheit von Oberflächenanlagen zu geologischen Tiefenlagern

Aufgefordert durch das BFE hat die Nagra in ihrem Bericht NTB 13-01 dargestellt, welche Aufgaben eine Oberflächenanlage über einem geologischen Tiefenlager zu erfüllen hat und ob eine solche Anlage grundsätzlich bewilligungsfähig ist. Insbesondere die Bewilligung einer Oberflächenanlage im Gewässerschutzbereich A_u war hinterfragt worden. Dies vor dem Hintergrund, dass alle von der Nagra vorgeschlagenen Oberflächenareale im Gewässerschutzbereich A_u liegen.

Das ENSI hat in seiner Stellungnahme zum Nagra-Bericht NTB 13-01 im Berichtsjahr zuhänden des BFE und des Bundesamts für Umwelt festgehalten, dass aus den im Bericht enthaltenen Beschreibungen der Anlage keine Gründe erkennbar sind, welche die nukleare Sicherheit sowie den Schutz von Mensch und Umwelt und damit die Genehmigungsfähigkeit einer Oberflächenanlage im Grundsatz in Frage stellen. Aus Sicht des ENSI sind die in NTB 13-01 enthaltenen Angaben zu Anlagekonzept, Abläufen und Materialinventar plausibel und im Einklang mit entsprechenden früher gemachten Angaben im Entsorgungsnachweis der Nagra. Im Rahmen dieser Prüfung auf Plausibilität hat das ENSI klar darauf hingewiesen, dass die eigentliche Sicherheitsprüfung einer Oberflächen-

anlage das Vorliegen standortspezifischer Detaildaten bedingt, welche erstmals mit dem Einreichen des Rahmenbewilligungsgesuches für einen bestimmten Standort konkretisiert werden. Weitere detaillierte Prüfungen wird das ENSI im Rahmen der Bearbeitung der Gesuche für die Bau- und die Betriebsbewilligung vornehmen.

Überprüfung der Resultate aus ergänzenden Untersuchungen für Etappe 2

Gemäss Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager hatten die Entsorgungspflichtigen im Hinblick auf die Etappe 2 vorgängig mit dem ENSI abzuklären, ob der Kenntnisstand der sicherheitsrelevanten Prozesse und Parameter ausreicht, um die in der Etappe 2 vorgesehenen provisorischen Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich (ENSI 33/075) durchführen zu können, und welche ergänzenden Untersuchungen dafür notwendig sind. Die Nagra hatte dazu bereits während Etappe 1 den Bericht NTB 10-01 eingereicht und darin ihr Untersuchungsprogramm für Etappe 2 dargelegt. Das ENSI hatte zu diesem Programm in seinem Bericht ENSI 33/115 Stellung genommen und 41 Forderungen für zusätzliche Untersuchungen gestellt. Die Hauptforderungen des ENSI betreffen Verbesserungen des Kenntnisstands zu den Wirtgesteinen Brauner Dogger und Effinger Schichten, die systematische Beschreibung der hydraulischen Fliesswege in den Standortregionen und vertiefte Untersuchungen zu bautechnischen Aspekten. Die Nagra hat ihre Untersuchungen in den vergangenen Jahren durchgeführt bzw. deren Durchführung in die Wege geleitet.

Auf Wunsch der Kantone wird die Überprüfung der Abarbeitung der 41 Forderungen in so genannten Zwischenhalt-Fachsitzungen durchgeführt. Das dazu verwendete Vorgehen ist in ENSI 33/155 präzisiert. Die Ausführungen und Resultate der Nagra werden in den Zwischenhalt-Fachsitzungen mit ENSI, KNS, EGT, AG SiKa/KES und BMU erörtert. Anschliessend zieht das ENSI sein Fazit. Im Jahr 2013 wurden fünf Zwischenhalt-Fachsitzungen durchgeführt. Dabei waren insbesondere die Forderungen zu den Wirtgesteinen Brauner Dogger und Effinger Schichten sowie die systematische Beschreibung der hydraulischen Fliesswege im Fokus. Ausserdem wurde an zwei Behörden-Fachsitzungen über die von der Nagra eingesetzte Methodik zur Bewertung der sicherheitstechnischen Kriterien und zum sicherheitstechnischen Vergleich informiert sowie die Auswertung der 2D-Seismik der Nagra erläutert.

Technisches Forum Sicherheit

Im Rahmen des Sachplans für geologische Tiefenlager hat das Bundesamt für Energie 2009 das Technische Forum Sicherheit (TFS) eingesetzt. Das ENSI leitet diese Informations- und Austauschplattform. Im Forum werden technische und wissenschaftliche Fragen zur Sicherheit und Geologie aus der Bevölkerung, von Gemeinden, Standortregionen, Organisationen, Kantonen und Gemeinwesen betroffener Nachbarstaaten diskutiert und beantwortet. Das TFS besteht aus Fachpersonen der verfahrensleitenden Behörde (BFE), der überprüfenden (ENSI) bzw. unterstützenden Behörde (swisstopo), von Kommissionen (KNS, EGT), Nichtregierungsorganisationen und der Entsorgungspflichtigen (Nagra) sowie delegierten Personen aus den Standortregionen, Standortkantonen, betroffenen Nachbarkantonen sowie Deutschland und Österreich. Das ENSI sammelt die Fragen, koordiniert die Beantwortung durch die Forumsmitglieder und leitet die TFS-Sitzungen. Die eingegangenen und beantworteten Fragen werden der Öffentlichkeit im Internet zur Verfügung gestellt. Im Jahr 2013 fanden vier Sitzungen des TFS statt. Von den bis Ende 2013 ins TFS aufgenommenen 108 Fragen waren deren 81 bis Ende 2013 beantwortet. Alle Fragen und Antworten sind unter www.technischesforum.ch einsehbar.

Das ENSI hat im Jahr 2013 besondere Anstrengungen unternommen, um die Regionalkonferenzen und deren vielfältige Fachfragen besser mit dem

TFS zu verknüpfen und die Beiträge des TFS auch für Laien attraktiver zu gestalten. Das ENSI hat dazu alle Fachgruppen Sicherheit besucht und das Vorgehen des TFS-Sekretariats erläutert. Neu kann nun jede Regionalkonferenz zwei Vertreter an die Sitzungen des TFS delegieren. Neu erhalten die Antworten zu den Fragen zudem eine kurze allgemeinverständliche Zusammenfassung.

In den Gesprächen mit den Regionalkonferenzen wurde der Wunsch geäußert, den Informationsfluss zwischen dem TFS und der Öffentlichkeit zu verbessern. Deswegen hat das ENSI seit Sommer 2013 neu zu jeder TFS-Sitzung (4x/Jahr) mittels Webartikel die Bevölkerung über die Sitzungsinhalte informiert. Für den Webartikel wird aus den präsentierten Antworten ein Schwerpunkt gewählt und dieser im Artikel ausführlicher behandelt. Die 2012 veröffentlichte Broschüre «Geologische Tiefenlager – Radioaktive Abfälle sicher entsorgen», die an das TFS gestellte Fragen in einfacher Sprache beantwortet, wurde ausserdem im Berichtsjahr ins Französische übersetzt.

Im Jahr 2013 hat das TFS in seiner März-Sitzung das Thema der Rückholung und Rückholbarkeit radioaktiver Abfälle unter Zuzug internationaler Referenten ausführlich behandelt. Aufgrund erhöhter Nachfrage durch die Regionen wurden die an der Sitzung präsentierten Beiträge aus dem Sitzungsprotokoll übernommen, in einer Aktennotiz zusammengestellt und somit öffentlich zugänglich gemacht.

Stollen im Felslabor
Mont Terri.
Foto: CCV.



Ausnahmeregelung bzgl. Schutzbereich für geologische Standortgebiete

Die Ende Etappe 1 in den Sachplan geologische Tiefenlager aufgenommenen Standortgebiete sind vor einer Verletzung der Wirt- und Rahmengesteine, wie sie beispielsweise aus der geothermischen Nutzung des Untergrunds resultieren könnte, zu schützen. Den Kantonen wurden dazu Karten zur Verfügung gestellt, mithilfe derer sie dafür zu sorgen haben, dass durch erteilte Bewilligungen und Konzessionen jegliche Gefährdung der geologischen Standortgebiete ausgeschlossen wird. Die Karten legen fest, bis in welche Tiefe in einem Standortgebiet Bewilligungen und Konzessionen erteilt werden dürfen. Um methodisch bedingten Unschärfen im 3D-Datensatz der untertägigen Geologie Rechnung zu tragen, wurde bei der Ausweisung der zulässigen Bohrtiefe ein Sicherheitszuschlag berücksichtigt. In einem Verfahren für Ausnahmeregelungen wurde nun festgelegt, dass eine Überschreitung der aus den Kar-



Einbau einer Versuchsarmatur im Felslabor.
Foto: CCV.

ten ersichtlichen maximalen Bohrtiefe zugestimmt werden kann, wenn entweder aufgrund von Voruntersuchungen gezeigt werden kann, dass mit einem geplanten Projekt keine Verletzung der Wirt- und Rahmengesteine erfolgen wird oder es aus Gründen eines relevanten Erkenntnisgewinns gerechtfertigt ist, eine lokale Verletzung zuzulassen. Das Verfahren wurde durch das ENSI in Zusammenarbeit mit allen Standortkantonen und der Nagra entwickelt und kann ab 2014 in Anspruch genommen werden.

9.2 Entsorgungsprogramm

Gemäss Artikel 52 KEV müssen die Entsorgungspflichtigen ein Entsorgungsprogramm vorlegen und alle fünf Jahre anpassen. Zuständig für die Überprüfung und Überwachung der Einhaltung des Programms sind das BFE und das ENSI. Das BFE prüft den Finanzplan für die Entsorgungsarbeiten bis zur Ausserbetriebnahme der Kernanlagen sowie das Informationskonzept der Nagra, das ENSI prüft die sicherheitsrelevanten und auslegungsspezifischen Aspekte.

Der Bericht zum Entsorgungsprogramm (NTB 08-01) wurde im Oktober 2008 durch die Entsorgungspflichtigen mit den Standortvorschlägen für geologische Tiefenlager eingereicht. Dessen Prüfung wurde im Dezember 2011, d.h. nach den Beurteilungsarbeiten zur Etappe 1 des Sachplanverfahrens abgeschlossen. ENSI und BFE kamen in ihrer

Prüfung und Beurteilung zum Schluss, dass die Nagra im Auftrag der Entsorgungspflichtigen mit dem Einreichen des Entsorgungsprogramms den gesetzlichen Auftrag gemäss Art. 32 KEG (Kernenergiegesetz, SR 732.1) und Art. 52 KEV grundsätzlich erfüllt hat. Die eingereichten Stellungnahmen zum Entsorgungsprogramm der Nagra und zu den Bewertungen der Bundesbehörden wurden dem Bundesrat vorgelegt.

Der Bundesrat hat in seiner Verfügung vom 28. August 2013 den gesetzlichen Auftrag als erfüllt angesehen. Er verfügte, dass das nächste Entsorgungsprogramm im Jahr 2016 gleichzeitig mit den Kostenstudien einzureichen ist.

Wie vom ENSI vorgeschlagen, umfassen die Auflagen für das kommende Entsorgungsprogramm die Darlegung der Planung zur Erstellung des untertägigen Felslabors und der dort durchzuführenden Experimente sowie eine Erläuterung zur zeitlichen Berücksichtigung der aus dem Felslabor vor Ort gewonnenen Ergebnisse im anschliessend folgenden nuklearen Baugesuch. Auflagen für das kommende und weitere Entsorgungsprogramme umfassen das gleichzeitige Einreichen eines aktualisierten Forschungs- und Entwicklungsprogramms und Darlegungen, wie das Gesamtsystem «geologisches Tiefenlager» technisch und zeitlich umgesetzt werden soll, welche Abfallmengen erwartet werden und wie diese prognostiziert wurden, wie die Langzeitarchivierung und die Markierung für geologische Tiefenlager vorbereitet wurden und welche Vorkehrungen und Optimierungsmassnah-



men getroffen wurden, um die gesetzlich festgelegten Schutzziele zu erreichen.

9.3 Offene Fragen aus dem Entsorgungsnachweis

Der Bundesrat hatte im Juni 2006 verfügt, dass der Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente (BE), verglaste hochaktive Abfälle (HAA) und langlebige mittelaktive Abfälle (LMA) erbracht ist. Er legte damals fest, dass die Kernkraftwerkgesellschaften zusammen mit dem Entsorgungsprogramm nach Artikel 32 KEG dem Bundesrat einen Bericht zu unterbreiten haben, der alle in den Gutachten und Stellungnahmen der damaligen HSK, KNE und KSA sowie der OECD/NEA-Experten enthaltenen offenen Fragen, Hinweise und Empfehlungen zum Entsorgungsnachweis systematisch erfasst und aufzeigt, wie diese im weiteren Verfahren zeit- und sachgerecht beantwortet werden. Der von der Nagra im Oktober 2008 eingereichte Bericht NTB 08-02 führt zu den rund 200 Empfehlungen aus, wie diese zukünftig durch die Nagra bearbeitet werden sollen. Das ENSI hat in einer Stellungnahme dazu festgehalten, dass die Nagra alle Empfehlungen stufengerecht und zielführend bearbeitet hat und damit der Verfügung des Bundesrats nachgekommen ist. Im Sinne einer Weiterführung der Empfehlungen aus dem Entsorgungs-

nachweis hat das ENSI empfohlen, die gegenwärtig noch nicht abgeschlossenen oder in das Forschungs- und Entwicklungsprogramm der Nagra aufgenommenen Empfehlungen in dieses Programm zu integrieren.

Der Nagra-Bericht und die Stellungnahmen seitens der Bundesbehörden waren 2012 in einer dreimonatigen Anhörung. Der aus den dabei eingereichten Stellungnahmen resultierende Anhörungsbericht wurde dem Bundesrat vorgelegt. Dieser hat in seiner Verfügung vom 28. August 2013 festgehalten, dass mit dem eingereichten Bericht der Nagra die frühere Verfügung zum Entsorgungsnachweis erfüllt ist. Er hat weiter festgehalten, dass die Arbeiten zu den noch nicht berücksichtigten Empfehlungen in einen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplan aufzunehmen sind.

9.4 Expertengruppe geologische Tiefenlagerung

Aufgabe der Expertengruppe geologische Tiefenlagerung (EGT) ist es, das ENSI fachtechnisch zu unterstützen. Geleitet von Professor Simon Löw (ETH Zürich) deckt die Expertengruppe Fragen zur geologischen Beurteilung der Standortgebiete sowie zur bautechnischen Machbarkeit und Sicherheit von geologischen Tiefenlagern ab. Die EGT bietet dem ENSI die Möglichkeit, bei wichtigen Fra-

gestellungen mit international anerkannten Experten zusammenarbeiten und damit das eigene Know-how zu ergänzen.

Mitglieder der EGT nahmen an den fünf vom ENSI geleiteten Zwischenhalt-Fachsitzungen und an den vier Sitzungen des TFS teil. An Informationsveranstaltungen des BFE in den Standortregionen beantworteten Vertreter der EGT bautechnische Fragen zu den Erschliessungsbauwerken (Schacht und Rampe). Am Treffen der Chairs of Advisory Bodies to Governments (ABG) in London tauschte die EGT Erfahrungen mit ähnlichen Kommissionen anderer Länder aus. Weiter fanden vier reguläre Plenarsitzungen der EGT statt, davon eine zweitägige Sitzung mit Besuch des Felslabors Mont Terri in St. Ursanne. Schliesslich hat die EGT gemeinsam mit dem ENSI ein Symposium zur «Felsmechanik und Bautechnik von geologischen Tiefenlagern im Opalinuston und ähnlichen Tonsteinen» für Februar 2014 geplant. Die Aktivitäten der EGT werden laufend auf einer Website präsentiert (www.egt-schweiz.ch).

Themenschwerpunkte der EGT im Berichtsjahr 2013 waren Stoffgesetze und die bautechnische Machbarkeit von Tiefenlagern im Opalinuston, konzeptuelle und parametrische Annahmen zur Gasbildung und zum Gastransport, konzeptuelle Annahmen, Lageroptimierung und bautechnische Aspekte der Tiefenlager-Auslegung (inklusive der Zugangsbauwerke), Auswertung und Belastbarkeit der alten und neuen 2D-Seismik im Tafeljura, tektonische Zergliederung des Mesozoikums in den potenziellen Standortgebieten der Nord-

schweiz und die geodynamische Entwicklung und Neotektonik der Nordschweiz.

9.5 Felslaboratorien

In der Schweiz werden zwei Felslaboratorien im Kristallin- und im Tongestein (Felslabor Grimsel und Felslabor Mont Terri) betrieben, in welchen unter internationaler Beteiligung umfangreiche Forschungsprojekte zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle durchgeführt werden. Ziel der Forschung ist die Charakterisierung und Erfassung der geotechnischen, geochemischen und hydraulischen Eigenschaften der dortigen Gesteinsformationen und die Entwicklung und Überprüfung von Lagerkonzepten für den sicheren Einschluss radioaktiver Abfälle sowie von Techniken zur Erfassung relevanter Daten. Die Resultate der Forschung erlauben es ausserdem, anhand von Demonstrationsversuchen das Verhalten technischer (Bentonit, Zement, Stahlbehälter) und natürlicher Barrieren (Wirtgestein und Rahmengesteine) zu untersuchen und entsprechende Modellrechnungen zu validieren.

Seit 2003 ist das ENSI mit eigenen Projekten und Kooperationen an der Forschung im Felslabor Mont Terri beteiligt, um die behördeninterne Fachkompetenz aufzubauen und zu erhalten sowie eigene Datensätze und Modelle zu entwickeln. Der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten lag 2013 auf dem Abschluss der Auswertung des sogenannten RC-Experimentes, welches von der Ingenieur-



*Geneigte Bohrungen für Messinstrumente.
Foto: Comet.*

geologie der ETH Zürich betreut worden ist. Zielsetzung dieses Experiments war es, die durch den Bau der Galerie 2008 infolge von Spannungsumlagerungen hervorgerufenen Deformationen im Opalinuston quantitativ zu erfassen. Ergänzt wurden diese Untersuchungen durch umfangreiche felsmechanische Laborversuche, mit welchen die felsmechanischen Kennwerte des Opalinustons ermittelt und für Rechensimulationen verfügbar gemacht werden. Am RC-Experiment war neben dem ENSI und der ETH auch die deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR (geophysikalische Messungen) und swisstopo (geodätische Messungen) beteiligt.

Neben dem RC-Experiment beteiligt sich das ENSI an drei weiteren Experimenten: Das CD-Experiment untersucht das zyklische Austrocknungsverhalten der Stollenwand des Opalinustons in Abhängigkeit des Stollenklimas (Temperatur, Luftfeuchtigkeit). Mit dem FM-D-Experiment evaluiert das ENSI zusammen mit swisstopo eine neue Methode der Durchlässigkeitsbestimmung in Bohrungen anhand von Verdunstungsmessungen. Im MO-Experiment untersucht das ENSI zusammen mit swisstopo und der französischen Organisation ANDRA das Materialverhalten (u.a. die Langzeitbeständigkeit) von Glasfaserkabeln mit integrierten Mess-Sensoren. Dies geschieht, um die Tauglichkeit der Glasfasertechnologie für ein Langzeitmonitoring in geologischen Tiefenlagern zu testen.

9.6 Internationaler Wissenstransfer

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

Neben der Beteiligung an der internationalen Forschung im Felslabor Mont Terri (Kap. 9.5) engagiert sich das ENSI im Rahmen weiterer Forschungsprogramme zur Entsorgung (EU-Projekte) und arbeitet in verschiedenen internationalen Gremien mit:

Das 2009 gestartete Forschungsprojekt FORGE («fate of repository gases») der Europäischen Union dient der Erforschung der in einem geologischen Tiefenlager durch Korrosion oder Zerset-

zung produzierten Gase, dem damit verbundenen Gasdruckaufbau und dem Abtransport des Gases durch ein wenig durchlässiges Medium (z. B. ein tonreiches Gestein). Das Projekt wurde im Jahr 2013 abgeschlossen und bot dem ENSI Gelegenheit, sich bezüglich aller relevanten Fragestellungen im Bereich von Gasbildung und Gastransport in Tiefenlagern auf dem neusten Stand von Wissenschaft und Technik zu halten. Mit den durchgeführten Vergleichsrechnungen konnte das ENSI neue Modelle zur Berechnung des Gastransports kennenlernen, testen und entwickeln. In den europäischen Felslabors (so auch in den schweizerischen Felslabors am Mont Terri und Grimsel) laufen verschiedene Experimente zum Thema Gasbildung und Gastransport.

Das Projekt SITEX («sustainable network of independent technical Expertise for radioactive waste disposal») wurde im Februar 2012 mit dem Ziel gestartet, eine Plattform zum Thema geologische Tiefenlager für die Aufsichtsbehörden und ihre Experten aufzubauen. Im Rahmen dieser Plattform soll der regulatorische Bedarf für alle Phasen der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers diskutiert und evaluiert werden. Es soll darauf aufbauend geklärt werden, welche Schwerpunkte für die regulatorische Sicherheitsforschung und bei der technischen Expertise für zukünftige Realisierungsschritte gesetzt werden sollen. Die Schlussfolgerungen und das weitere Vorgehen bzgl. der Plattform werden in der ersten Hälfte 2014 veröffentlicht werden. Der Erfahrungsaustausch über verschiedene regulatorische Fachthemen wird für das ENSI bei den sicherheitstechnischen Beurteilungen der Arbeiten der Nagra im Sachplanverfahren geologische Tiefenlager wertvolle Impulse liefern.

Das Projekt DECOVALEX-2015 läuft seit dem Jahr 2012 und befasst sich mit der Simulation gekoppelter thermisch-hydraulisch-mechanischer Prozesse, wie sie in der unmittelbaren Umgebung eines geologischen Tiefenlagers auftreten können. An dem Projekt nehmen Partner aus acht Ländern teil. Die Simulationsergebnisse der Projektpartner werden untereinander verglichen und anhand experimenteller Daten bewertet. Das Projekt zielt damit auf eine Verbesserung des Prozessverständnisses sowie auf die Überprüfung und Erweiterung der Fähigkeit zur Simulation solcher Prozesse.

BIOPROTA ist ein internationales Forum, das sich mit Prozessen zur Freisetzung von Radionukliden aus einem Lager für radioaktive Abfälle in die Biosphäre befasst. Die Arbeiten betreffen Ungewiss-



Einlagerungsmodell.
Foto: CCV.

heiten bei der Modellierung der Umweltauswirkungen und der entsprechenden Strahlenexposition im Zusammenhang mit dem Sicherheitsnachweis für geologische Tiefenlager. Einmal im Jahr trifft sich das Forum, um Ergebnisse von aktuellen Forschungsarbeiten zu diskutieren und zukünftige Forschungsschwerpunkte festzulegen. Ausserdem finden Workshops zu spezifischen Themenschwerpunkten statt. Seit 2012 ist das ENSI Mitglied von BIOPROTA. Diese Mitgliedschaft dient der Kompetenzerweiterung des ENSI im Bereich der Biosphärenmodellierung.

Das ENSI hat im Berichtsjahr eine Kooperationsvereinbarung mit Prof. K.H. Lux und seinen Mitarbeitenden am Lehrstuhl für Deponietechnik und Geomechanik der TU Clausthal getroffen, um Vergleichsrechnungen zu den Gastransportrechnungen des ENSI aus Etappe 1 des Sachplans durchzuführen. Bei diesem Vergleich soll eine neue hydraulisch-mechanische Kopplung mit dem vom ENSI verwendeten Rechenprogramm getestet werden. Für das ENSI ist dies ein guter Erfahrungsaustausch und bietet die Möglichkeit, bei Bedarf später die weiterentwickelte Kopplung zu übernehmen.

Das ENSI beteiligt sich ferner an den Aktivitäten der OECD-NEA Arbeitsgruppe IGSC («Integration Group for the Safety Case»), der Untergruppe «Working Group on Measurements and Physical

Understanding of Groundwater Flow through Argillaceous Media» (Clay Club) sowie der Untergruppe «Expert Group on Operational Safety» (EGOS). 2013 hat die IGSC ein Symposium zum Thema «The Safety Case for Deep Geological Disposal of Radioactive Waste 2013: State-of-the-Art» organisiert. An diesem Symposium haben verschiedene Länder zu spezifischen Realisierungsphasen den Langzeitsicherheitsnachweis aus der Perspektive des Projektanten und der Aufsichtsbehörde vorgestellt. Das ENSI war im Programmkomitee vertreten und hat die Rolle des Sicherheitsnachweises im Standortauswahlverfahren aus Sicht der Aufsichtsbehörde vorgestellt.

Die Arbeiten des Clay Clubs konzentrierten sich im Berichtsjahr 2013 auf das neu lancierte Projekt mit dem Titel «Argillaceous Media Database Compilation», welches massgebende geologische, hydrogeologische, mineralogische, geophysikalische, geochemische und felsmechanische Datensätze von Tongesteinen sammelt. Diese werden in einem Bericht zusammengestellt und auf den neuesten Stand gebracht. Berücksichtigt werden dabei nur diejenigen Tongesteinsformationen, die heute als Wirtgesteine für geologische Tiefenlager vorgesehen sind und mit den aktuellsten Methoden und Analysetechniken umfassend charakterisiert wurden. Es sind dies der Callovo-Oxfordian-Ton (Frankreich), der Boom-Clay und der Ypresian-Clay

(Belgien), der Queenstone Shale, die Georgian Bay Formation (Kanada) sowie der Opalinuston (Schweiz). Einbezogen werden auch Tongesteinsformationen, in denen Felslabors errichtet wurden und zu denen umfassendes Datenmaterial zum Vergleich zur Verfügung steht (Felslaboratorien HADES in Belgien, Bure und Tournemire in Frankreich und Mont Terri in der Schweiz). In einem speziellen Kapitel wird der Stellenwert der Geologie und der sicherheitsrelevanten Eigenschaften der Tongesteine für den Langzeiteinschluss und den Sicherheitsnachweis dargelegt. Die EGOS wurde im Juni 2013 gegründet und seitens der IGSC vorläufig mit einem zweijährigen Mandat ausgestattet. Die Expertengruppe dient dem Austausch von technischen und regulatorisch/gesetzgeberischen Erfahrungen in Bezug auf die nukleare und radiologische Betriebssicherheit eines geologischen Tiefenlagers. Es werden hauptsächlich Erfahrungen aus dem Bergbau, aus Kernanlagen, aber auch aus weiteren relevanten Ingenieurprojekten (z. B. Tunnelbauwerke) zusammengetragen und bezüglich Gefährdungspotenzial analysiert. Eine weitere Hauptaufgabe besteht in der Entwicklung von Leitfäden und technischen Lösungen zur Störfallvorsorge und -minderung. Das ENSI war an der Gründungsveranstaltung vertreten und konnte dort die in der Schweiz bestehenden regulatorisch/gesetzgeberischen Vorgaben umfassender erläutern.

Die Mitarbeit des ENSI in der EGOS, im Clay Club und in der IGSC ermöglicht den Zugang zu wichtigen internationalen Informationsplattformen. Im Zentrum steht dabei der Wissenstransfer bezüglich des Sicherheitsnachweises für ein geologisches Tiefenlager, der Tongesteinsforschung und der Betriebserfahrung.

10. Anlagenübergreifende Themen

10.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management

10.1.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen

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

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

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

Im Jahr 2013 wurden im Wesentlichen folgende Arbeiten im Bereich PSA durchgeführt:

- Das KKB hat Ende 2013 die überarbeiteten PSA der Stufen 1 und 2 im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung eingereicht. Die überarbeiteten Studien wurden um die Betriebserfahrung der letzten 10 Jahre erweitert und basieren auf einer Reihe von verfeinerten Analysen (wie z. B. Erdbebenfestigkeitsrechnungen und thermohydraulische Analysen). Als Erdbebengefährdung wurden die Zwischenresultate aus dem PEGASOS Refinement Project (PRP Intermediate Hazard) verwendet. Ferner berücksichtigt die Studie bereits die neue Anlagenkonfiguration mit AUTANOVE (Autarke Notstromversorgung). Die PSA-Studie für den Leistungsbetrieb weist eine mittlere CDF von $9,35 \cdot 10^{-6}$ pro Jahr aus. Das ENSI wird die neue PSA prüfen. Für den aktuellen Anlagenzustand hat das KKB nach wie vor ein PSA-Modell ohne AUTANOVE.
- Das KKG arbeitete an der geforderten Umsetzung des im Rahmen der Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung identifizierten Verbesserungsbedarfs zur PSA, reichte Konzeptunterlagen zur Überarbeitung der Erdbebenanalyse ein, führte weitere Untersuchungen zur Hochwassergefährdung durch und schloss die Zwischenaktualisierung der Stufe-1-PSA ab. Nach Abschluss dieser Zwischenaktualisierung beträgt die Kernschadenshäufigkeit $3,62 \cdot 10^{-6}$ pro Jahr. Damit liegt dieser Kennwert weiterhin deutlich unter der in der Kernenergieverordnung vorgegebenen Obergrenze für neue Kernkraftwerke.
- Im Jahr 2012 lieferte das KKL ein überarbeitetes Stufe-1-PSA Modell, um die im Rahmen der Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung identifizierten Verbesserungspunkte umzusetzen. Aufgrund der (noch laufenden) Überprüfung der Unterlagen betrachtet das ENSI die Umsetzung von einigen geforderten Verbesserungspunkten als abgeschlossen. Darüber hinaus ergaben sich aus der Überprüfung weitere Fragen insbesondere bezüglich der Bewertung der Zuverlässigkeit von Personalhandlungen. Im Berichtsjahr lag beim KKL

der Arbeitsschwerpunkt im Bereich PSA bei der Erstellung der neuen Stufe-2-PSA für alle Betriebszustände. Gegenüber dem ursprünglichen Zeitplan hat sich aufgrund verschiedener zusätzlicher Arbeiten im Zusammenhang mit den Aktionen nach den Ereignissen in Fukushima die Erstellung dieser PSA verzögert. Das KKL reichte deshalb einen Zwischenbericht ein.

- Im Rahmen der Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung des KKM (PSÜ 2010) veröffentlichte das ENSI seine Überprüfungsergebnisse zur PSA des KKM. In die Überprüfung waren PSA-Unterlagen, die bis und mit 2012 eingereicht wurden (insbesondere auch das überarbeitete Vollast-Stufe-1-Modell, das eine CDF von $2,35 \cdot 10^{-5}$ pro Jahr ausweist) einbezogen worden. Die Überprüfung ergab eine Reihe von Verbesserungspunkten, zu denen das ENSI entsprechende Forderungen erhob. Insgesamt bestätigte das ENSI, dass das KKM bezüglich auslegungsüberschreitender Störfälle einen ausreichend hohen Sicherheitsstatus aufweist. Die Identifikation und – sofern angemessen – Umsetzung von Massnahmen zur weiteren Reduktion des Risikos bezüglich Kernschadenshäufigkeit und grosser früher Freisetzen wurde bereits während der Prüfung der PSÜ2010 initiiert.

Das KKM überarbeitete im Laufe des Berichtsjahres das Stufe-1-PSA-Modell für Vollast und reichte es dem ENSI ein. Dieses Modell berücksichtigt im Vergleich zum vorhergehenden Modell weitere durch Vorschriften gestützte Accident Management Massnahmen und berücksichtigt erste Verbesserungspunkte aus der Stellungnahme zur PSÜ 2010. Die ausgewiesene CDF beträgt $1,11 \cdot 10^{-5}$ pro Jahr und liegt damit in dem Bereich, in dem gemäss Richtlinie HSK-A06 Massnahmen zur Reduktion des Risikos zu identifizieren und – sofern angemessen – umzusetzen sind. Das KKM hat verschiedene potenzielle Nachrüstungen risikotechnisch bewertet. Beispielsweise erwartet das KKM aufgrund der geplanten Sanierung der Wohlensee-Staumauer eine CDF-Reduktion auf $7,87 \cdot 10^{-6}$ pro Jahr. Die Umsetzung dieser Massnahme sowie weiterer Nachrüstmassnahmen hat das ENSI mit Schreiben vom 14. November 2013 (Verfügung im Hinblick auf die endgültige Ausserbetriebnahme des KKM im Jahr 2019) verfügt.

Gemäss den per Ende 2013 vorliegenden Analysen der Schweizer Kernkraftwerke wird das von der IAEA für bestehende Anlagen empfohlene proba-

bilistische Sicherheitsziel einer Kernschadenshäufigkeit von weniger als 10^{-4} pro Jahr von allen Anlagen eingehalten.

10.1.2 Risikotechnische Beurteilung der Betriebserfahrung

Die probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung eines Kernkraftwerks erfolgt auf zwei Arten: Einerseits durch eine zusammenfassende Bewertung des gesamten Vorjahres (also 2012) und andererseits laufend durch die risikotechnische Bewertung einzelner Vorkommnisse. Im Folgenden wird auf die beiden Analysen eingegangen.

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

Drei Kernkraftwerksbetreiber (KKG, KKL und KKM) setzten für die probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung 2012 neue PSA-Modelle ein (siehe Kapitel 10.1.1). Entsprechend der Vorgaben der Richtlinie HSK-A06 wurde von jedem betroffenen Kernkraftwerk eine rückwirkende Aufdatierung der Konfigurationen der Jahre 2008 – 2011 vorgenommen. Bei KKB 2 hat das INES-1-Vorkommnis vom Jahr 2012 (siehe ENSI-Aufsichtsbericht 2012) zu einem aussergewöhnlich hohen inkrementellen kumulativen Risiko geführt. Bei den anderen Kernkraftwerken wiesen die probabilistischen Sicherheitsindikatoren keine aussergewöhnlichen Werte aus. Die Werte der probabilistischen Sicherheitsindikatoren über die letzten fünf Jahre weisen keinen Trend auf.

Das wartungsbedingte inkrementelle kumulative Risiko wie auch die wartungsbedingten Risikospitzen für das Jahr 2012 waren bei allen Werken kleiner als die Planungswerte gemäss Richtlinie HSK-A06.

- Meldepflichtige Vorkommnisse werden gemäss der Richtlinie ENSI-B03 in Ergänzung zur deterministischen Betrachtungsweise systematisch mit der PSA bewertet. Dazu wird die inkrementelle bedingte Kernschadenswahrscheinlichkeit eines Vorkommnisses ($ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$) gemäss Richtlinie HSK-A06 berechnet. Ein Vorkommnis wird anhand der $ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$ einer der Stufen

0 bis 3 der internationalen Bewertungsskala für nukleare Ereignisse (INES) zugeordnet.

Im Jahr 2013 ergaben sich bei keinem Kernkraftwerk Vorkommnisse, die gemäss Richtlinie HSK-A06 mit INES 1 (ICCDP_{Vorkommnis} im Bereich 10^{-4} – 10^{-6}) einzustufen sind.

Alle weiteren von den Kernkraftwerkbetreibern im Jahr 2013 mit der PSA bewerteten Vorkommnisse waren risikotechnisch unbedeutend, d. h. als INES-Stufe 0 beurteilt (ICCDP_{Vorkommnis} mindestens 10^{-8} , jedoch kleiner als 10^{-6}) oder es erfolgte keine Einstufung auf der INES-Skala (ICCDP_{Vorkommnis} kleiner als 10^{-8}) aufgrund der Risikobewertung.

10.1.3 ADAM-System

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

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

Um die Benutzer- und Wartungsfreundlichkeit zu erhöhen und um die Kompatibilität mit dem neuen Betriebssystem zu gewährleisten, wurde ADAM umfassend überarbeitet. Die neue ADAM-Version wurde an der Gesamtnotfallübung im Jahr 2013 erfolgreich eingesetzt.

10.2 Erdbebengefährdungsanalyse

Für den sicheren Betrieb der Schweizer Kernkraftwerke sind fundierte Kenntnisse der Erdbebensicherheit wichtig. Bereits beim Bau der heute bestehenden Kernkraftwerke wurde der Erdbebensicherheit grosse Aufmerksamkeit geschenkt. Für Kernanlagen gelten weitaus strengere Bestimmungen als für Normalbauten. Der Stand von Wissenschaft und Technik wurde und wird vom ENSI laufend verfolgt. Neue Erkenntnisse führten in der Vergangenheit bereits zu Weiterentwicklungen der Erdbebenanalysen und zu Ertüchtigungen in den Kernanlagen.

Als weiteren Schritt dieser fortwährenden Entwicklung verlangte das ENSI im Jahre 1999 von den Kernkraftwerkbetreibern, 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 Kernkraftwerkbetreiber das Projekt PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz) in Auftrag. In Anlehnung an eine in den USA neu entwickelte Methode wurde in diesem Projekt die Erdbebengefährdung unter umfassender Berücksichtigung des Kenntnisstandes der internationalen Fachwelt berechnet. Dazu wurden Fachleute von erdwissenschaftlichen und unabhängigen fachtechnischen Organisationen aus dem In- und Ausland beigezogen. Mit dem Projekt PEGASOS hat die Schweiz Neuland betreten. Es ist die erste und bisher einzige Studie dieser Art in Europa.

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

Mit dem Ziel, die Unschärfe der PEGASOS-Ergebnisse zu reduzieren, starteten die Kernkraftwerkbetreiber im Jahr 2008 das von der swissnuclear geleitete «PEGASOS Refinement Project» (PRP). Mitte 2009 wurde das PRP auf die damals neu vorgesehenen Kernkraftwerkstandorte erweitert. Die

Hauptthemenkreise des Projekts sind wie bereits bei PEGASOS die Charakterisierung der Erdbebenherde, der Erdbebenfortpflanzung und der lokalen Effekte an den Standorten der Kernkraftwerke. Das PRP berücksichtigt die seit dem Abschluss von PEGASOS neu vorliegenden Erkenntnisse aus der Erdbebenforschung und die Resultate aus den neuen Messungen der seismologischen Bodenkennwerte an den Kernkraftwerkstandorten. Vor dem Hintergrund, dass für starke Erdbeben in der Schweiz Beschleunigungsmessdaten fehlen und somit empirische Erdbebenfortpflanzungs- bzw. -abminderungsbeziehungen nur begrenzt ableitbar sind, gewann die Frage der Übertragung von international für spezifische Regionen entwickelten Abminderungsbeziehungen auf die Schweiz im Projektverlauf zunehmend an Bedeutung. Die Arbeiten dazu hatten Forschungscharakter und führten wiederholt zu Projektverzögerungen. Ende 2013 reichten die Kernkraftwerkbetreiber den Schlussbericht des PRP beim ENSI zur Prüfung ein. Voraussichtlich in der zweiten Hälfte 2014 wird das ENSI zum PRP Stellung nehmen und die in den Sicherheitsnachweisen zu verwendenden Erdbebengefährdungsannahmen standortspezifisch neu festlegen.

10.3 Fukushima-Massnahmen

Das ENSI und die Betreiber der Schweizer Kernkraftwerke führten im Jahr 2013 die aufgrund des Reaktorunfalls in Fukushima begonnenen Arbeiten weiter. Die meisten im Aktionsplan Fukushima 2013 beschriebenen Tätigkeiten wurden termingerecht abgeschlossen. Bei einigen Punkten wurde eine Terminverschiebung auf das Jahr 2014 nötig, weil der Aufwand grösser war als geplant. Die Schwerpunkte des Jahres 2013 betrafen folgende Themen:

10.3.1 Erdbeben

Die Betreiber reichten dem ENSI Ende 2013 die im Rahmen des PEGASOS Refinement Project PRP fertiggestellten umfangreichen Erdbebenstudien für die Schweizer Kernkraftwerkstandorte ein. Die PRP-Ergebnisse beschreiben die standortspezifischen seismischen Gefährdungsannahmen auf der Basis der aktuellsten Erkenntnisse und Forschungsergebnisse. Sie sind derzeit beim ENSI in Prüfung.

10.3.2 Containmentintegrität

Die Betreiber arbeiteten an offenen Punkten aus dem Vorjahr. Diese betrafen die seismische Robustheit der Containment-Druckentlastungssysteme in Gösgen und Leibstadt sowie die Isolation des Containments und des Primärkreislaufs in allen Kernkraftwerken. Wie die Überprüfung durch das ENSI auf der Basis der aktuellen Erdbebengefährdungsannahmen (PRP Intermediate Hazard) bestätigte, sind diese Ausrüstungen in Bezug auf die Containmentintegrität seismisch ausreichend robust. Gestützt auf die PRP-Schlussergebnisse werden diese Nachweise erneut überprüft werden.

10.3.3 Extreme Wetterbedingungen

Im Jahr 2012 präzisierte das ENSI die Anforderungen an die probabilistischen Gefährdungsanalysen und an die Nachweise des ausreichenden Schutzes der Anlage gegen extreme Wetterbedingungen wie extreme Winde, Tornados, extreme Luft- und Flusswassertemperaturen, Starkregen auf dem Anlagenareal und extreme Schneehöhen. Im Jahr 2013 begannen die Betreiber die Arbeiten zur Bestimmung der standortspezifischen Gefährdungsannahmen sowie zum Nachweis des Schutzes der Kernkraftwerke gegen 10000-jährliche wetterbedingte Ereignisse. Da der Aufwand der Datenbeschaffung unterschätzt worden war und Engpässe bei beauftragten Experten auftraten, verzögert sich die Fertigstellung der Nachweise bis Ende 2014.

10.3.4 Erhöhung der Sicherheitsmargen

Die Erhöhung der Sicherheitsmargen bei auslegungsüberschreitenden Störfällen stellte im Jahr 2013 einen Untersuchungsschwerpunkt dar. Aus den Ergebnissen der probabilistischen sowie deterministischen Analysen wurden die Bereiche identifiziert, in denen Nachrüstungen unter Berücksichtigung des Grundsatzes der Angemessenheit am meisten zu einer weiteren Verminderung der Gefährdung beitragen können. Für diese Bereiche verlangte das ENSI von den Betreibern der Schweizer Kernkraftwerke Lösungsansätze. Es ist systematisch aufzuzeigen, dass damit alle angemessenen Vorkehrungen zu einer weiteren Verminderung der Gefährdung mittels fest installierter Systeme oder kurzfristig verfügbarer vorbereiteter Massnahmen getroffen wurden. Die einzureichenden Unterlagen werden im Jahr 2014 erwartet.

10.3.5 Wasserstoffmanagement

Das ENSI hat aufgrund des EU-Stresstests sowie der KNS-Stellungnahme zu Fukushima verschiedene Aspekte der Wasserstoffgefährdung bei schweren Reaktorunfällen identifiziert, welche durch die Betreiber vertieft zu analysieren sind. Im Jahr 2013 verlangte das ENSI die Prüfung von Robustheit und Umfang der Messeinrichtungen zur Beurteilung der Wasserstoffgefährdung, die Aktualisierung der Analysen zur Wasserstoffgefährdung, neue Untersuchungen der Ausbreitung von Wasserstoff aus dem Containment in andere Gebäude des Kernkraftwerkes, die Überprüfung der Massnahmen und Vorschriften zum Schutz gegen die Wasserstoffgefährdung sowie die Überprüfung des Containmentdruckentlastungspfad. Diese Arbeiten ergänzen andere umfangreiche Studien, welche bereits im Rahmen der probabilistischen Sicherheitsanalysen durchgeführt wurden. Die Betreiber werden die Ergebnisse im Laufe des Jahres 2014 einreichen. Auf dieser Basis wird das ENSI die Angemessenheit weiterer Nachrüstmassnahmen beurteilen.

10.3.6 Severe Accident Management

In Bezug auf den Schwerpunkt «Severe Accident Management» hatten die 2012 durchgeführten Inspektionen der Notfallräumlichkeiten Verbesserungsbedarf bei der Überwachung der Luftqualität in den Notfallräumlichkeiten aufgezeigt. Da das Strahlenschutzmaterial für die Bewältigung eines schweren Störfalls und für die längerfristige Nutzungsmöglichkeit der Notfallräume durch die Notfallorganisationen eine Grundvoraussetzung darstellt, wurde das auf dem Anlagenareal vorhandene Strahlenschutzmaterial 2013 einer Inspektion unterzogen. Die Inspektionen zeigten, dass auf dem Anlagenareal ausreichend Material vorhanden ist, um den vorgesehenen Personalbestand mit persönlichen Schutzmitteln in der ersten Phase nach einem Ereignis auszurüsten. Eine Stellungnahme des ENSI zu den Einsatzstrategien der Notfallorganisationen der Kernkraftwerksbetreiber erfolgt bis Ende 2014.

10.3.7 Gesamtschweizerisches Notfallmanagement

Beim gesamtschweizerischen Notfallmanagement haben im Jahr 2013 die Arbeiten der interdepartementalen Arbeitsgruppe zur Überprüfung der Notfallschutzmassnahmen bei Extremereignissen in

der Schweiz (IDA NOMEX) unter der Koordination des Bundesstabes ABCN weitere Fortschritte erzielt. Bei der Überprüfung der Referenzszenarien wurden von einer vom ENSI einberufenen Arbeitsgruppe die Konsequenzen verschiedener Szenarien für den Notfallschutz untersucht. Mit Blick auf ein breites Spektrum an Szenarien formulierte das ENSI Empfehlungen zur Vorbereitung von Notfallschutzmassnahmen. Die im Dosismassnahmenkonzept vorgesehenen Massnahmen zum raschen Schutz der Bevölkerung sind aus Sicht der Arbeitsgruppe nach wie vor zweckmässig und hinreichend. Im Bereich der Vorbereitung besteht aber Handlungsbedarf. Die Empfehlungen beziehen sich auf die Alarmierung von Teilen der Zone 3, die Vorverteilung der Jodtabletten und die vorsorgliche Evakuierung in der Zone 2. Das ENSI gab seinen Bericht Ende 2013 in die Vernehmlassung an die Kantone, Bundesstellen, Betreiberorganisationen und relevanten eidgenössischen Kommissionen. Die Arbeitsgruppe zur Überprüfung des Zonenkonzeptes hat auf dieser Grundlage die Vor- und Nachteile einer Änderung von Zonen gegeneinander abgewogen. Für die Mehrheit der in der Arbeitsgruppe vertretenen Stellen ist das gültige Zonenkonzept zweckmässig und hinreichend. Die Arbeitsgruppe empfiehlt jedoch, die heute überlappend definierten Sektoren der Zone 2 nicht mehr überlappend zu festzulegen. Ein Bericht zu diesem Thema wurde zur Vernehmlassung vorbereitet.

10.3.8 Erfahrungsrückfluss

Das ENSI hat den Vorsitz des Steuerungsorgans des «European Clearinghouse on NPP Operational Experience Feedback» übernommen. Damit wird die Zusammenarbeit mit dieser für den Erfahrungsrückfluss aus internationalen Vorkommnissen wichtigen Institution verstärkt. Das Clearinghouse ist ein Netzwerk europäischer Aufsichtsbehörden, die sich auf Dienstleistungen des Joint Research Centre der Europäischen Kommission in Petten (Niederlande) stützen. Hauptziele sind der zeitnahe Informationsaustausch über Vorkommnisse sowie die Verbreitung von Erkenntnissen aus der weltweiten Betriebserfahrung der Kernkraftwerke.

10.3.9 Weitere Massnahmen zum EU-Stresstest

Alle 17 europäischen Länder, die am EU-Stresstest im Jahr 2011 und bei der nachfolgenden Peer-Review im Jahr 2012 beteiligt waren, hatten sich zu einer Nachfolge-Überprüfung unter der Federführung der ENSREG (EU-Stresstest Follow-Up) entschlossen. Dazu verfasste jedes Land bis Ende 2012 einen Statusbericht («National Action Plan») über den aktuellen Stand der nach Fukushima ergriffenen Massnahmen. Die Überprüfung der National Action Plans erfolgte anlässlich eines Workshops vom 22. bis 26. April 2013 in Brüssel (Belgien). Der Schweizer Bericht wurde in der Peer Review positiv beurteilt. Einige Schweizer Massnahmen wurden von den Experten als lobenswert hervorgehoben, etwa die Einsetzung der Arbeitsgruppe zur Überprüfung der Notfallmassnahmen in der Schweiz (IDA NOMEX) und die rasche Realisierung des Lagers in Reitnau. Darin werden zusätzliche Hilfsmittel für die Bewältigung eines schweren Reaktorunfalls gelagert. Die Peer Review unterstrich die Bedeutung des vom ENSI identifizierten Themas der Wiederherstellung der Containmentintegrität im Falle eines vollständigen Verlusts der Wechselspannung während Revisionsstillständen und empfiehlt dem ENSI, dieses mit höherer Priorität zu behandeln. Das ENSI hat für das Jahr 2014 einen entsprechenden Schwerpunkt gesetzt.

Die Umsetzung der aufgrund des Unfalls von Fukushima getroffenen Massnahmen wird 2014 weitergeführt. Ein detaillierter aktueller Rückblick und Ausblick findet sich jeweils im jährlichen Bericht «Aktionsplan Fukushima» (vgl. Website des ENSI im Internet http://static.ensi.ch/1393918895/ensi_2014_aktionsplan_fukushima_de.pdf).

10.4 Convention on Nuclear Safety

Die 76 Vertragsstaaten, die das internationale Übereinkommen über die nukleare Sicherheit (Convention on Nuclear Safety, CNS) bisher ratifiziert haben, mussten bis Ende September 2013 ihren Länderbericht beim Sekretariat der Internationalen Atomenergieagentur (IAEA) in Wien einreichen. Das ENSI hat den sechsten Länderbericht der Schweiz zur Umsetzung dieses Übereinkommens fristgerecht zugestellt.

Ziel des Übereinkommens ist, in den Unterzeichnerstaaten ein hohes Mass an nuklearer Sicherheit zu erreichen und zu erhalten, um Mensch und Um-

welt 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 Länderbericht darlegen, wie sie die Verpflichtungen erfüllen.

Bei der darauf folgenden Überprüfungskonferenz der CNS im Frühling 2014 in Wien wurde die Erfüllung des Übereinkommens in den Vertragsstaaten wiederum überprüft. Dies erfolgt anhand der eingereichten Länderberichte. Zusätzlich hatte die Schweiz einen Vorschlag zur Erweiterung der CNS eingereicht. Durch die Erweiterung des Artikels 18 der CNS soll das fundamentale Auslegungsprinzip der Reaktoren der dritten Generation verbindlich festgelegt und eine Nachrüstpflicht für bestehende Kernkraftwerke gefordert werden. Der Schweizer Vorschlag wurde an der Konferenz von den Vertragsstaaten behandelt.

Anhang

Sicherheitsbewertung		105
Abbildung 1	ENSI-Sicherheitsbewertungs-Skala	106
Abbildung 2	Definition der ENSI-Kategorien G, N, V und A	108
Tabelle 1	Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2013	109
Tabelle 2	Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2013	109
Tabelle 3	Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2013	109
Tabelle 4	Meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2013	110
Tabelle 5	Kollektivdosen in den schweizerischen KKW im Berichtsjahr	110
Tabelle 6a	Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2013 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	111
Tabelle 6b	Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2013 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	112
Tabelle 6c	Fussnoten	113
Tabelle 7	Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten	114
Tabelle 8	Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI per 31.12.2013	115
Tabelle 9	Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG per 31.12.2013	115
Tabelle 10	Richtlinien des ENSI	116
Figur 1	Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 2004–2013	118
Figur 2	Vorkommnisse 2004–2013	119
Figur 3	Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 2004–2013	120
Figur 4	Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 2004–2013	121
Figur 5	Jahreskollektivdosen (Personen-mSv/Jahr) der Kernanlagen, 1981–2013	122
Figur 6	Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW	122
Figur 7a	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	123
Figur 7b	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	123
Verzeichnis der Abkürzungen		125

Sicherheitsbewertung

Das ENSI hat die Grundzüge der systematischen Sicherheitsbewertung im Dokument «Integrierte Aufsicht: ENSI-Bericht zur Aufsichtspraxis» (ENSI-AN-8526) dargestellt. Dieser Bericht ist auf der ENSI-Website unter <http://www.ensi.ch/de/2013/10/03/bericht-integrierte-aufsicht/> verfügbar.

Das ENSI hat die Ergebnisse von Inspektionen, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisanalysen, die Sicherheitsprüfungen, Vorkommnisanalysen, die Sicherheitsindikatoren sowie die im Aufsichtsjahr publizierten Erkenntnisse aus der PSÜ-Begutachtung – so weit sie zu Forderungen bezüglich der Erfüllung bisheriger Anforderungen geführt haben – nach dem beschriebenen System bewertet.

Für die Kernkraftwerke hat es die Bewertungen zu einem umfassenden Gesamtbild zusammengefügt. Das ENSI betrachtet die Transporte von und zu den Kernkraftwerken bei der systematischen Sicherheitsbewertung separat.

Zentrale Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung der Kernkraftwerke sind jeweils am Schluss der Kapitel 1 bis 4 unter dem Punkt «Sicherheitsbewertung» dargestellt.

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

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

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

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

**Vorkommnisklassierungen:
Radioaktive Abgaben
an die Umwelt**

Teilskala 1

**Vorkommnisklassierungen:
Strahlenexposition
des Personals**

Teilskala 2

**Vorkommnisklassierungen:
Gestaffelte Sicherheitsvorsorge**

Teilskala 3

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

0 ICCDP_{Vork.} < 1E-6

**Vorkommnisklassierungen:
ICCDP_{Vorkommnis}
gemäß ENSI-A06**

Teilskala 4

7
6
5
4
3
2
1
A
V
N
G

unterhalb der Skala

INES

ENSI

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

A	Abweichung
V	Verbesserungsbedarf
N	Normalität
G	Gute Praxis

**Zellen-Bewertungen in
Sicherheitsbewertungs-Matrix**

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

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

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermische Leistung [MW]	1130	1130	1097	3002	3600
Elektrische Bruttoleistung [MW]	380	380	390	1035	1275
Elektrische Nettoleistung [MW]	365	365	373	985	1220
Reaktortyp	Druckwasser	Druckwasser	Siedewasser	Druckwasser	Siedewasser
Reaktorlieferant	Westinghouse	Westinghouse	GE	KWU	GE
Turbinenlieferant	BBC	BBC	BBC	KWU	BBC
Generatordaten [MVA]	2-228	2-228	2-214	1250	1360
Kühlung	Flusswasser	Flusswasser	Flusswasser	Kühlturm	Kühlturm
Kommerzielle Inbetriebnahme	1969	1971	1972	1979	1984

Tabelle 1
Hauptdaten
der schweizerischen
Kernkraftwerke 2013

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	9556	8988	8617	19360	28972
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	3078	2892	2955	6360	9692
Abgegebene thermische Energie [GWh]	187,1	13,0	1,8	153,1	–
Zeitverfügbarkeit ¹ [%]	96,7	91,0	90,8	74,1	93,0
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	3,3	9,0	7,2	16,3	7,4
Arbeitsausnutzung ² [%]	96,3	90,5	89,9	74,7	90,9
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams) ³	0	0	0	0	0
Unvorhergesehenes Abfahren der Anlage	0	0	2	2	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen (>10% P _N)	0	0	2	1	0

Tabelle 2
Betriebsdaten
der schweizerischen
Kernkraftwerke 2013

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

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

³ Exkl. Scram im KKM bei Kritikalitätstest bei abgeschaltetem Reaktor

	KKB 1 + 2	KKM	KKG	KKL
Reaktoroperateur	38 (37)	20 (24)	25 (26)	28 (31)
Schichtchef	27 (27)	13 (11)	16 (21)	24 (18)
Piketzingenieur	14 (14)	9 (9)	13 (11)	10 (11)
Strahlenschutzsachverständiger	4 (5)	4 (4)	3 (4)	4 (3)
Strahlenschutzfachkraft	8 (7)	7 (7)	8 (6)	9 (9)
Strahlenschutztechniker	6 (6)	6 (6)	4 (4)	6 (6)
Gesamtbelegschaft (Personen)	544 (547)	345 (345)	515 (503)	549 (541)

Tabelle 3
Bestand an zulas-
sungspflichtigem
Personal und Gesamt-
belegschaft in
den Kernkraftwerken
Ende 2013 (in Klam-
mern Werte von 2012)

Tabelle 4
Meldepflichtige
Vorkommnisse im
Bereich der nuklearen
Sicherheit 2013

Datum	KKW	Vorkommnis	Einstufung INES
1.1.2013	KKM	Ausfall im Bereich der radiologischen Fortluftüberwachung im Kamin	0
19.1.2013	KKM	Nichteinfahren eines Neutronenflussdetektors	0
29.1.2013	KKM	Tropfleckage im Zwischenkühlwassersystem	0
13.3.2013	KKM	Automatische Leistungsreduktion bei Funktionstest an einem Speisewasserregelventil	0
16.4.2013	KKB2	Störung in der Kälteanlage des Notstandgebäudes	0
16.4.2013	KKB2	Ausfall einer Niveaumessung im Volumenausgleichstank	0
18.4.2013	KKM	Ausfall einer 380-V-Schiene der Eigenbedarfsversorgung	0
20.4.2013	KKL	Ungenügende Dichtheit des Sekundärcontainments	0
19.5.2013	KKM	Fehlfunktion einer Messstelle für die Dosisleistung der Reaktorgebäudeabluft	0
19.5.2013	KKB2	Ausfall eines Kanals der Neutronenflussmessung	0
21.5.2013	KKG	Schäden an Abstandhaltern zweier Brennelemente	0
30.5.2013	KKG	Verbogenes Führungsblech im externen Nasslager	0
7.6.2013	KKG	Notstromfall nach versehentlicher Betätigung eines Erdungsschalters	0
17.6.2013	KKB1	Wellenbruch an einer primären Nebenkühlwasserpumpe	0
20.6.2013	KKL	Störungsbedingtes Zufahren eines Umwälzmengenregelventils	0
20.6.2013	KKM	Fehlfunktion einer Messstelle für die Dosisleistung der Reaktorgebäudeabluft	0
24.6.2013	KKG	Montagefehler an einem Rückschlagventil im Notspeisesystem	0
25.6.2013	KKB1	Störung in der Kälteanlage des Notstandgebäudes	0
27.6.2013	KKG	Defekte Dichtung an einem Beckenablaufventil	0
16.7.2013	KKM	Pumpenausfall bei Funktionsprüfung im alternativen Niederdruckkernsprühsystem	0
17.7.2013	KKG	Spannungsausfall an einer Notstromschiene	0
24.7.2013	KKG	Reduktion der Reaktorleistung nach Turbinenabschaltung	0
10.8.2013	KKL	Nichtverfügbarkeit einer Boreinspeisepumpe des Vergiftungssystems	0
14.8.2013	KKM	Reaktorschnellabschaltung während Kritikalitätstest bei abgeschaltetem Reaktor	0
22.8.2013	KKM	Nicht ausreichend konservative thermische Betriebsgrenze für den Reaktorkern	0
28.8.2013	KKM	Gebrochene Befestigungsrippen im Wasserabscheider	0
2.9.2013	KKL	Fehlerbedingte Beeinträchtigung der Dichtheit des Sekundärcontainments	0
2.9.2013	KKB2	Rissanzeige am Anschlussflansch einer Rezirkulationspumpe	0
6.9.2013	KKM	Steuerluftleckage am Vorsteuerventil eines Sicherheits- und Abblaseventils	0
9.9.2013	KKB2	Wellenbruch an einer primären Nebenkühlwasserpumpe	0
9.9.2013	KKL	Montagefehler an einer Speisewasser-Rückschlagarmatur	0
12.11.2013	KKL	Störung an einem Steuerstabantrieb	0
20.11.2013	KKM	Ausfall einer Reaktorummwälzpumpe	0
28.11.2013	KKL	Ausfall eines Speisegeräts im Notstandsystem	0

Tabelle 5
Kollektivdosen in den
schweizerischen KKW
im Berichtsjahr
(pro Werk in Pers.-mSv)

	KKB 1		KKB 2		KKG		KKL		KKM	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Aktionen										
BE-Wechsel		85	56							
Revisionsstillstand	544			220	426	606	1914	470	596	656
Zwischenabstellung			55							16
Leistungsbetrieb	40	40	41	39	67		212	797	263	286
Total	584	125	152	259	493	606	2126	1267	859	958

Ort	Medium	Art der Abgaben ¹	Bilanzierte Abgaben ²				Berechnete Jahresdosis ³		
			Messung	Normiert ^{1,2}	Limiten ⁴	Prozent der Limite	Erw. mSv/Jahr	10j Kind mSv/Jahr	1j Kind mSv/Jahr
			Bq pro Jahr	Bq pro Jahr	Bq pro Jahr				
KKB1 + KKB2	Abwasser 3400 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	3,9·10 ⁸	–	4·10 ¹¹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	8,6·10 ¹²	8,6·10 ¹²	7·10 ¹³	12%	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	4,1·10 ¹²	3,9·10 ¹³	1·10 ¹⁵	0,4%	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	1,2·10 ⁵	–	6·10 ⁹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	4,5·10 ⁵	4,5·10 ⁵	4·10 ⁹	0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	2,0·10 ¹⁰	–	–	–	<0,001	<0,001	<0,001
	Dosis total						<0,001	<0,001	0,0011
KKG	Abwasser 7047 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4,3·10 ⁶	–	2·10 ¹¹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	1,8·10 ¹³	1,8·10 ¹³	7·10 ¹³	26%	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	<9,3·10 ¹²	<1,0·10 ¹³	1·10 ¹⁵	<1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	9,8·10 ⁴	–	1·10 ¹⁰	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	2,8·10 ⁵	–	7·10 ⁹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	8,4·10 ¹⁰	–	–	–	<0,001	<0,001	<0,001
	Dosis total						<0,001	<0,001	0,001
KKL	Abwasser 14072 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	6,1·10 ⁷	–	4·10 ¹¹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	1,4·10 ¹²	1,4·10 ¹²	2·10 ¹³	7%	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2,0·10 ¹²	–	2·10 ¹⁵	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	1,6·10 ⁷	–	2·10 ¹⁰	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	2,2·10 ⁸	2,2·10 ⁸	2·10 ¹⁰	1,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	7,7·10 ¹¹	–	–	–	0,0029	0,0038	0,0065
	Dosis total						0,003	0,0039	0,0067
KKM	Abwasser 3626 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	2,7·10 ⁹	–	4·10 ¹¹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	1,7·10 ¹¹	1,7·10 ¹¹	2·10 ¹³	0,8%	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2,9·10 ¹⁰	–	2·10 ¹⁵	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	5,6·10 ⁶	–	2·10 ¹⁰	<0,1%	0,0027	0,0026	0,0025
		Iod: ¹³¹ I	9,3·10 ⁵	–	2·10 ¹⁰	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	3,7·10 ¹¹	–	–	–	<0,001	0,0012	0,002
	Dosis total						0,0036	0,0038	0,0045
ZZL	Abwasser 367 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	3,7·10 ⁸	–	2·10 ¹¹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	1,8·10 ⁹	–	–	–	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	β-/γ-Aerosole	1,2·10 ⁴	–	1·10 ⁹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		α-Aerosole	1,5·10 ⁴	–	3·10 ⁷	–	<0,001	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	8,3·10 ⁷	–	1·10 ¹²	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	1,6·10 ⁹	–	1·10 ¹⁴	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
	Dosis total						<0,001	<0,001	<0,001

Tabelle 6a
Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2013 für die Kernkraftwerke und das Zentrale Zwischenlager Würenlingen und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung

Tabelle 6b
Zusammenstellung
der Abgaben des
Paul Scherrer Instituts
im Jahr 2013 und
der daraus berechneten
Dosis für Einzelpersonen
der Bevölkerung

	PSI Ost				
	Hochkamin	Saphir, Proteus	Forschungs- labor	Betriebs- Gebäude radioaktive Abfälle	Bundes- zwischen- lager
Abgaben im Abwasser^{2,4} [Bq/a]					
Nuklidgemisch ohne Tritium	–	–	–	–	–
Tritium	–	–	–	–	–
Abgaben über die Abluft^{2,4} [Bq/a]					
Edelgase und andere Gase	1,5·10 ¹¹	–	–	–	–
β/γ-Aerosole ⁴ , ohne Iod	1,7·10 ⁸	–	–	–	1,1·10 ⁵
α-Aerosole	–	–	–	–	–
Iod (Summe aller Isotope)	3,2·10 ⁷	–	–	–	–
Tritium als HTO	1,0·10 ¹¹	3,0·10 ⁷	–	4,7·10 ⁹	1,3·10 ¹⁰
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	–	–	–	–	–
Jahresdosis³ [mSv/Jahr] für:					
Erwachsene	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015
Kind 10j	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015
Kleinkinder	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015
Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert¹	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%

	PSI West			Gesamtanlage des PSI ^{2,4}		
	Zentrale Fortluft- anlagen	Injektor II	C-Labor	Abwasser 1282 m ³	Abluft	Aequivalent- abgaben
Abgaben im Abwasser^{2,4} [Bq/a]						
Nuklidgemisch ohne Tritium	–	–	–	7,4·10 ⁷	–	1,6·10 ⁷
Tritium	–	–	–	8,0·10 ¹⁰	–	–
Abgaben über die Abluft^{2,4} [Bq/a]						
Edelgase und andere Gase	1,5·10 ¹⁴	3,1·10 ⁹	–	–	1,5·10 ¹⁴	3,4·10 ¹⁴
β/γ-Aerosole ⁴ , ohne Iod	2,4·10 ¹⁰	2,8·10 ⁶	6,3·10 ³	–	2,4·10 ¹⁰	–
α-Aerosole	–	–	–	–	–	–
Iod (Summe aller Isotope)	5,7·10 ⁷	–	–	–	8,9·10 ⁷	3,9·10 ⁷
Tritium als HTO	1,2·10 ¹²	–	–	–	1,3·10 ¹²	–
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	–	–	–	–	–	–
Jahresdosis³ [mSv/Jahr] für:						
Erwachsene	0,0051	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,006	<0,006
Kind 10j	0,0051	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,006	<0,006
Kleinkinder	0,0051	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,006	<0,006
Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert¹	3,4%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<4,0%	<4,0%

Tabelle 6c (Fussnoten)

¹ Bei der **Art der Abgaben** resp. den **Bilanzierten Abgaben** ist folgendes zu präzisieren:

Abwasser: Die Radioaktivität ist beim Vergleich mit den Abgabelimiten in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-LE-Wert von 200 Bq/kg angegeben. Die LE-Werte für die einzelnen Nuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein LE-Wert von 200 Bq/kg entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Ingestions-Dosisfaktor von $5 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq. Die unnormierte Summe der Abwasserabgaben ist in der Spalte «Messung» angegeben.

Edelgase: Die Radioaktivität ist beim Vergleich mit den Abgabelimiten in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ angegeben. Die CA-Werte für die Edelgasnuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Immersions-Dosisfaktor von $4.4 \cdot 10^{-7}$ (Sv/Jahr)/(Bq/m³). Die unnormierte Summe der Edelgasabgaben ist in der Spalte «Messung» angegeben.

Beim KKG wird für die Bilanzierung der Edelgase eine β -total-Messung durchgeführt; für die Aequivalent-Umrechnung wurde in diesem Fall ein Gemisch von 80% ¹³³Xe, 10% ¹³⁵Xe und 10% ⁸⁸Kr angenommen.

Gase: Beim PSI handelt es sich dabei vorwiegend um die Nuklide ¹¹C, ¹³N, ¹⁵O und ⁴¹Ar. Deren Halbwertszeiten sind kleiner als zwei Stunden. Hier ist für die einzelnen Abgabestellen und das gesamte PSI die Summe der Radioaktivität dieser Gase und Edelgase ohne Normierung auf einen Referenzwert angegeben. Für die Gesamtanlage wird zusätzlich auch die auf den Referenz-CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ 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 ¹³¹I limitiert; somit ist bei den bilanzierten Abgaben nur dieses Iod-Isotop angegeben.

Beim PSI, bei dem andere Iod-Isotope in signifikanten Mengen abgegeben werden, ist die Abgabe für die einzelnen Abgabestellen und die Gesamtanlage als Summe der Aktivität der gemessenen Iod-Nuklide angegeben. Für die Gesamtanlage wird zudem auch ein ¹³¹Iod-Aequivalent als gewichtete Summe der Aktivität der Iod-Nuklide angegeben, wobei sich der Gewichtungsfaktor aus dem Verhältnis des Ingestionsdosisfaktors des jeweiligen Nuklides zum Ingestionsdosisfaktor von ¹³¹I ergibt. Die Ingestionsdosisfaktoren sind der StSV entnommen.

Für die Berechnung der Jahresdosis werden sowohl für die KKW wie für das PSI immer sämtliche verfügbaren Iod-Messungen verwendet, d.h. es ist beispielsweise für KKB auch der Beitrag von ¹³³I berücksichtigt.

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

² Die **Messung der Abgaben** erfolgt nach den Erfordernissen der Reglemente «für die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des...» jeweiligen Kernkraftwerkes resp. des ZZL oder PSI. Die Messgenauigkeit beträgt ca. $\pm 50\%$. Abgaben unterhalb 0,1% der Jahresabgabelimite werden vom ENSI als nicht-relevant betrachtet und werden in der Spalte «Normiert» nicht ausgewiesen (-).

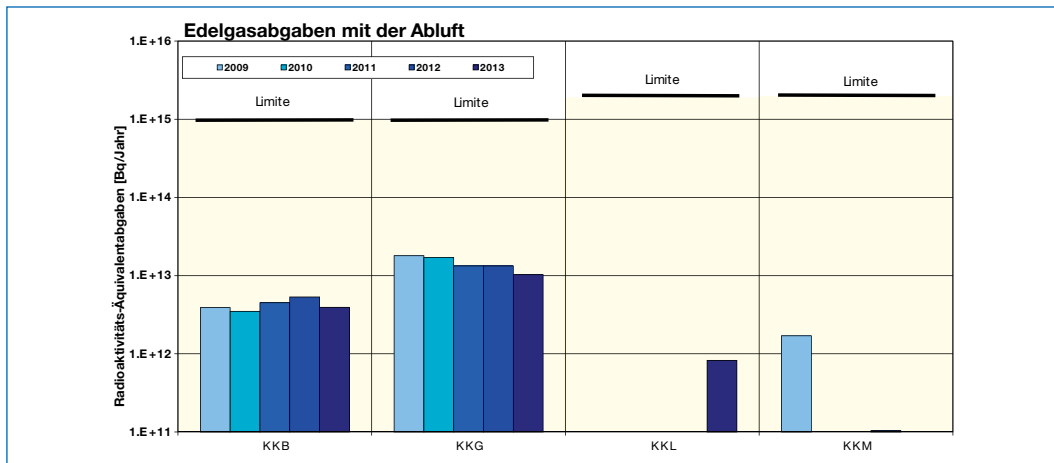
³ Die **Jahresdosis** ist für Personen berechnet, die sich dauernd am kritischen Ort aufhalten, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort beziehen und ihren gesamten Trinkwasserbedarf aus dem Fluss unterhalb der Anlage decken. Die Dosis wird mit den in der Richtlinie ENSI-G14 angegebenen Modellen und Parametern ermittelt.

Dosiswerte kleiner als 0,001 mSv – entsprechend einer Dosis, die durch natürliche externe Strahlung in ca. zehn Stunden akkumuliert wird – werden in der Regel nicht angegeben. Beim PSI wird die Jahresdosis der Gesamtanlage als Summe über die Abgabestellen gebildet.

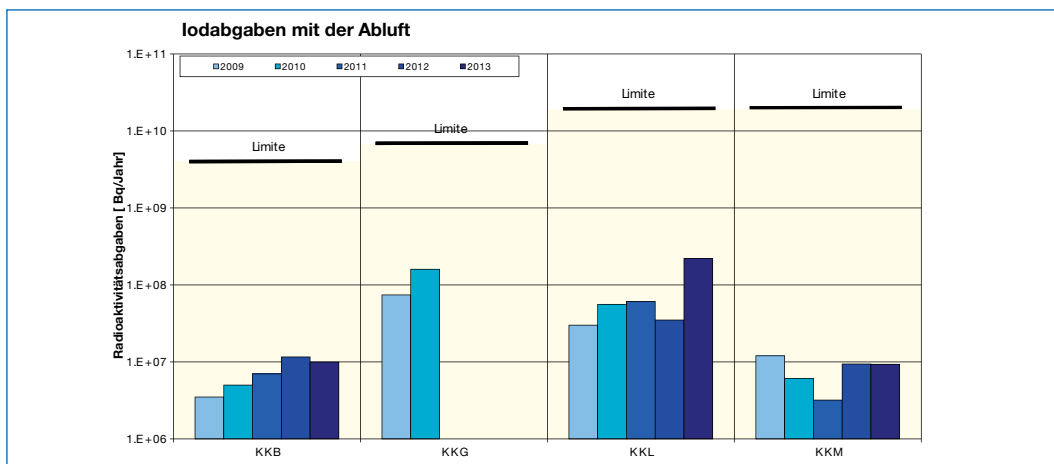
⁴ **Abgabelimite** gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die Abgabelimite wurden so festgelegt, dass die Jahresdosis für Personen in der Umgebung (vgl. Fussnote 3) für die Kernkraftwerke unter 0,3 mSv/Jahr respektive das Zentrale Zwischenlager in Würenlingen (ZZL) unter 0,05 mSv/Jahr bleibt. Für das Paul Scherrer Institut (PSI) sind die Abgaben gemäss Bewilligung 6/2003 direkt über den quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,15 mSv/Jahr limitiert.

Tabelle 7
Abgaben der
schweizerischen
Kernkraftwerke
in
den letzten fünf
Jahren im Vergleich mit
den Abgabelimiten

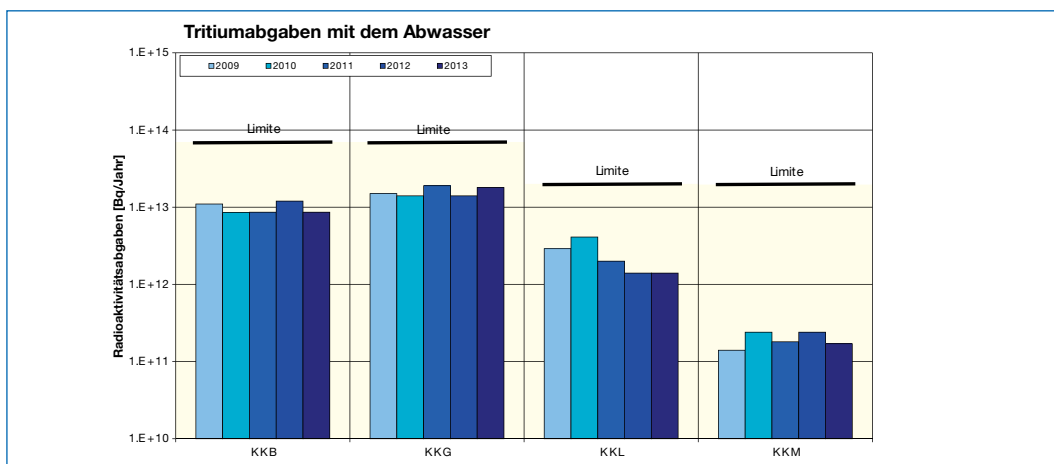
Abluft
Edelgase



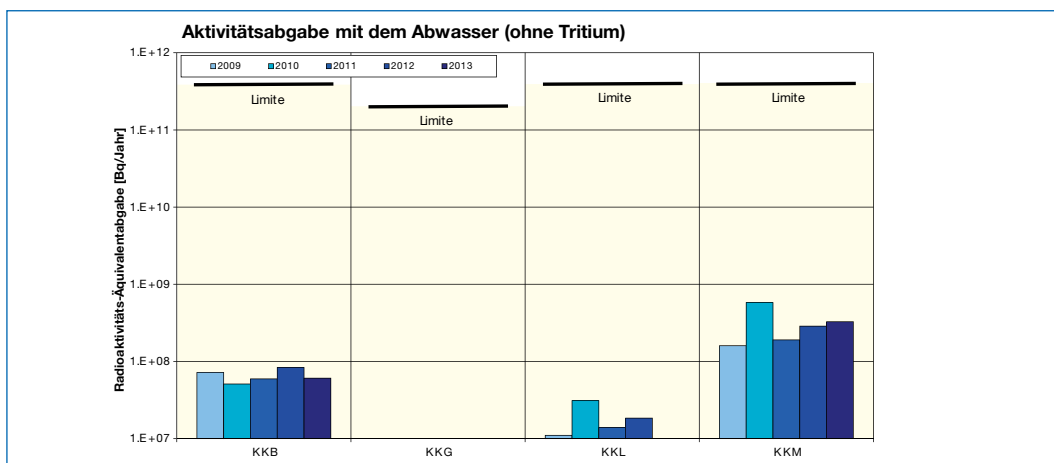
Abluft
Iod



Abwasser
mit Tritium



Abwasser
ohne Tritium



	unkonditioniert			konditioniert		
	Anfall	Auslagerung ¹	Bestand	Produktion	Auslagerung ²	Bestand
PSI	38	–	478	21	–	1538
KKB	20	–	86	7	–	1168
KKM	38	40	45	19	–	899
KKG	21	22	38	1	–	236
KKL	41	33	16	35	–	1323
Total	158	95	663	83	–	5164

Tabelle 8

Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI per 31.12.2013 (inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung), Bruttovolumina gerundet in m³

¹ Bruttovolumen der im Berichtsjahr zur Zwiilag transferierten Abfälle für die Behandlung in der Plasma-Anlage und der Konditionierungsanlage.

² Transfer konditionierter Abfälle zur Zwischenlagerung bei der Zwiilag.

	Anfall	unkonditioniert		konditioniert
		Annahme zur Konditionierung bzw. Triage ²	Bestand	
Verarbeitung [m ³]	82 ¹	155	279 ³	60
Bestand (konditionierte Abfälle)		Einlagerung	Auslagerung	Bestand
Bruttovolumen konditionierter Abfälle ⁴ [m ³]		60		1646
Anzahl Behälter mit Brennelementen		–		29
Anzahl Behälter mit Glaskokillen		–		11
Anzahl Behälter mit Lucens-Abfällen		–		6

Tabelle 9

Radioaktive Abfälle in den Anlagen der Zwiilag per 31.12.2013

Hierin enthalten sind:

¹ – Sekundärabfälle aus allen Betriebsbereichen der Zwiilag
– Im Werksauftrag entstandene, zu verarbeitende Abfälle.

² Nur teilweise radioaktiver Abfall.

³ Hierin enthalten sind 38 Gebinde (8 m³) mit leicht angereichertem uranhaltigem Material aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens.

⁴ Alle Lagerteile der Zwiilag ausgenommen sep. aufgeführtem Bestand des HAA-Lagers.

Richtlinien des ENSI

Tabelle 10

Fett gedruckte Titel beziehen sich auf Richtlinien, die in Kraft sind.

Die Sicherungsrichtlinien sind nicht aufgeführt. Aktuelle Liste per Dezember 2013.

G-Richtlinien (Generelle Richtlinien)

Ref.	Titel	Stand
G01	Sicherheitstechnische Klassierung für bestehende Kernkraftwerke	Januar 2011
G02	Auslegungsgrundsätze für Kernkraftwerke im Betrieb	
G03	Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis	April 2009
G04	Auslegung und Betrieb von Lagern für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente	März 2012 (Revision 1)
G05	Transport- und Lagerbehälter für die Zwischenlagerung	April 2008
G06	Baudokumentation	sistiert
G07	Organisation von Kernanlagen	Juli 2013
G08	Systematische Sicherheitsbewertungen des Betriebs von Kernanlagen	
G09	Betriebsdokumentation	
G11	Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Planung, Herstellung und Montage	Juni 2013 (Revision 2)
G12	Festlegungen von baulichen und organisatorischen Strahlenschutz-Massnahmen für den überwachten Bereich von Kernanlagen	
G13	Strahlenschutzmessmittel in Kernanlagen: Konzepte, Anforderungen und Prüfungen	Februar 2008
G14	Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen	Dezember 2009 (Revision 1)
G15	Strahlenschutzziele für Kernanlagen	November 2010
G16	Sicherheitstechnisch klassierte Leittechnik: Auslegung und Anwendung	
G17	Stilllegung von Kernanlagen	
G18	Brand- und Blitzschutz für Kernanlagen	
G20	Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente: Auslegung und Betrieb	
G21	Qualitätssicherung bei der Projektierung und Bauausführung von Bauwerken in Kernanlagen	

A-Richtlinien (Richtlinien für Anlagebegutachtung)

Ref.	Titel	Stand
A01	Anforderungen an die deterministische Störfallanalyse für Kernanlagen: Umfang, Methodik und Randbedingungen der technischen Störfallanalyse	Juli 2009
A02	Gesuchsunterlagen für den Bau von Kernkraftwerken	sistiert
A03	Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken	
A04	Gesuchsunterlagen für freigabepflichtige Änderungen an Kernanlagen	September 2009 (Revision 1)
A05	Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Umfang und Qualität	Januar 2009
A06	Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Anwendungen	Mai 2008
A07	Methodik und Randbedingungen für die Störfallanalyse von Kernanlagen mit geringem Gefährdungspotenzial	
A08	Quelltermanalyse: Umfang, Methodik und Randbedingungen	Februar 2010
A15	Gesuchsunterlagen für Betriebsbewilligungen	sistiert

Ref.	Titel	Stand
B01	Alterungsüberwachung	Juli 2011
B02	Periodische Berichterstattung der Kernanlagen	März 2012 (Revision 3)
B03	Meldungen der Kernanlagen	März 2012 (Revision 3)
B04	Freimessung von Materialien und Bereichen aus kontrollierten Zonen	August 2009
B05	Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle	Februar 2007
B06	Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Instandhaltung	Juni 2013 (Revision 2)
B07	Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Qualifizierung der zerstörungsfreien Prüfungen	September 2008
B08	Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Zerstörungsfreie Wiederholungsprüfungen	
B09	Ermittlung und Aufzeichnung der Dosis strahlenexponierter Personen	Juli 2011
B10	Ausbildung, Wiederholungsschulung und Weiterbildung von Personal	Oktober 2010
B11	Notfallübungen	Dezember 2012 (Revision 1)
B12	Notfallschutz in Kernanlagen	April 2009
B13	Ausbildung und Fortbildung des Strahlenschutzpersonals	November 2010
B14	Instandhaltung sicherheitstechnisch klassierter elektrischer und leittechnischer Ausrüstungen	Dezember 2010

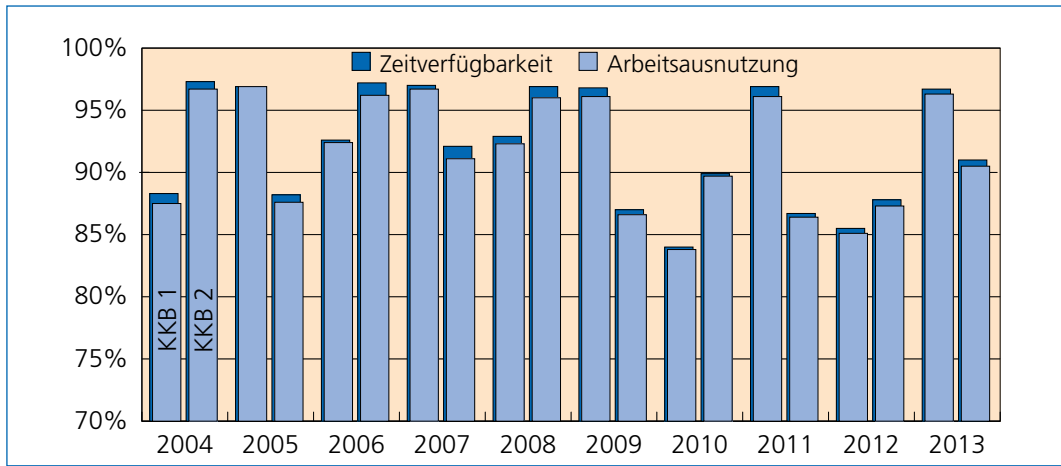
B-Richtlinien
(Richtlinien für
Betriebsüberwachung)

Ref.	Titel	Stand
R-4	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken, Projektierung von Bauwerken	Dezember 1990
R-7	Richtlinien für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Institutes	Juni 1995
R-8	Sicherheit der Bauwerke für Kernanlagen, Prüfverfahren des Bundes für die Bauausführung	Mai 1976
R-16	Seismische Anlageninstrumentierung	Februar 1980
R-30	Aufsichtsverfahren beim Bau und Betrieb von Kernanlagen	Juli 1992
R-31	Aufsichtsverfahren beim Bau und dem Nachrüsten von Kernkraftwerken, 1E klassierte elektrische Ausrüstungen	Oktober 2003
R-35	Aufsichtsverfahren bei Bau und Änderungen von Kernkraftwerken, Systemtechnik	Mai 1996
R-40	Gefilterte Druckentlastung für den Sicherheitsbehälter von Leichtwasserreaktoren, Anforderungen für die Auslegung	März 1993
R-46	Anforderungen für die Anwendung von sicherheitsrelevanter rechnerbasierter Leittechnik in Kernkraftwerken	April 2005
R-48	Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken	November 2001
R-49	Sicherheitstechnische Anforderungen an die Sicherung von Kernanlagen	Dezember 2003
R-50	Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen	März 2003
R-60	Überprüfung der Brennelementherstellung	März 2003
R-61	Aufsicht beim Einsatz von Brennelementen und Steuerstäben in Leichtwasserreaktoren	Juni 2004
R-101	Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasser-Reaktoren	Mai 1987
R-102	Auslegungskriterien für den Schutz von sicherheitsrelevanten Ausrüstungen in Kernkraftwerken gegen die Folgen von Flugzeugabsturz	Dezember 1986
R-103	Anlageninterne Massnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle	November 1989

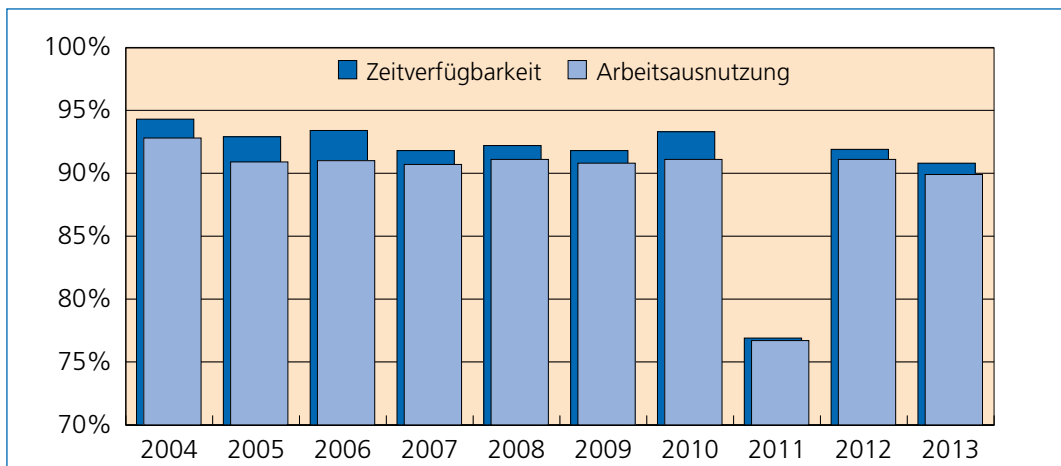
R-Richtlinien
(von der früheren
Hauptabteilung für
die Sicherheit der
Kernanlagen HSK
verabschiedet)

Figur 1
Zeitverfügbarkeit
und Arbeitsausnutzung
2004–2013

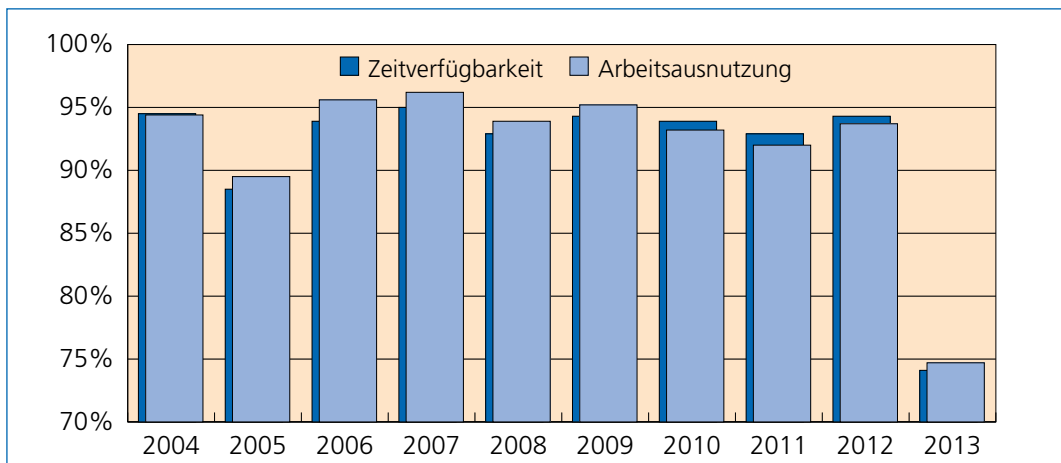
KKB 1 + 2



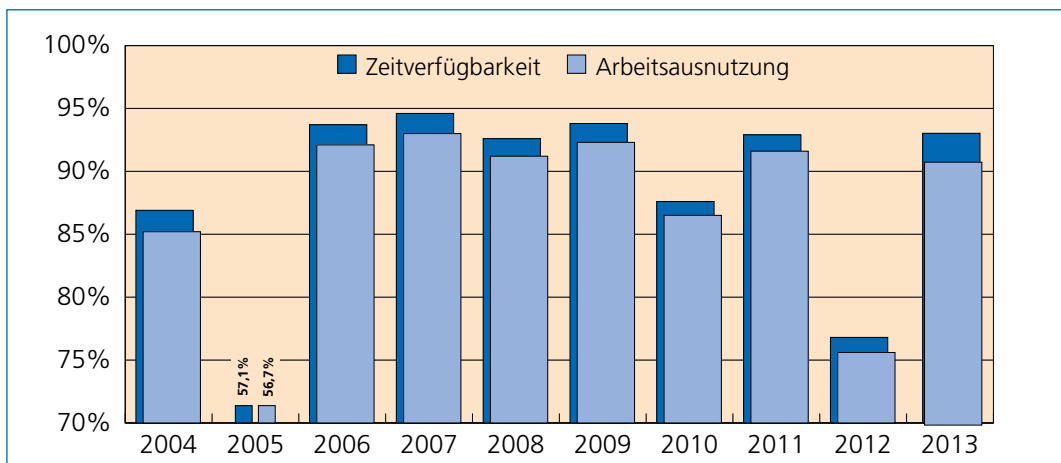
KKM

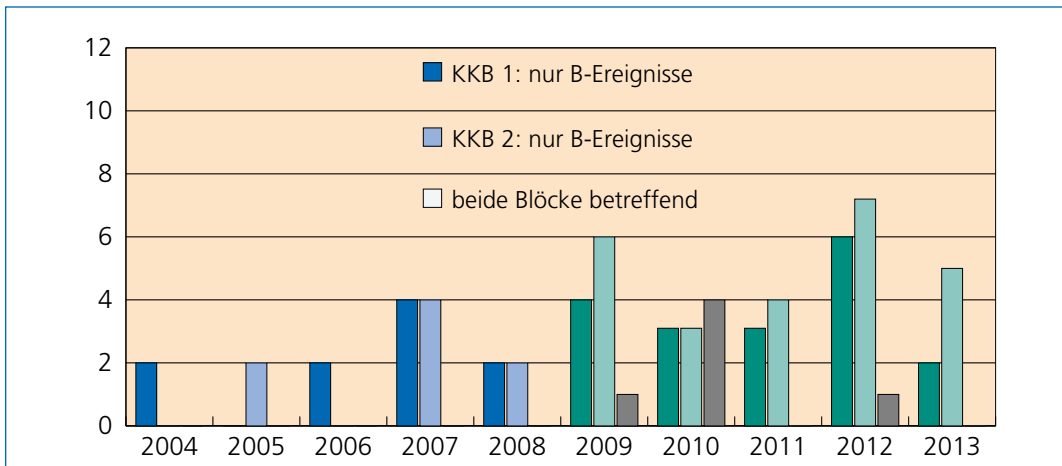


KKG



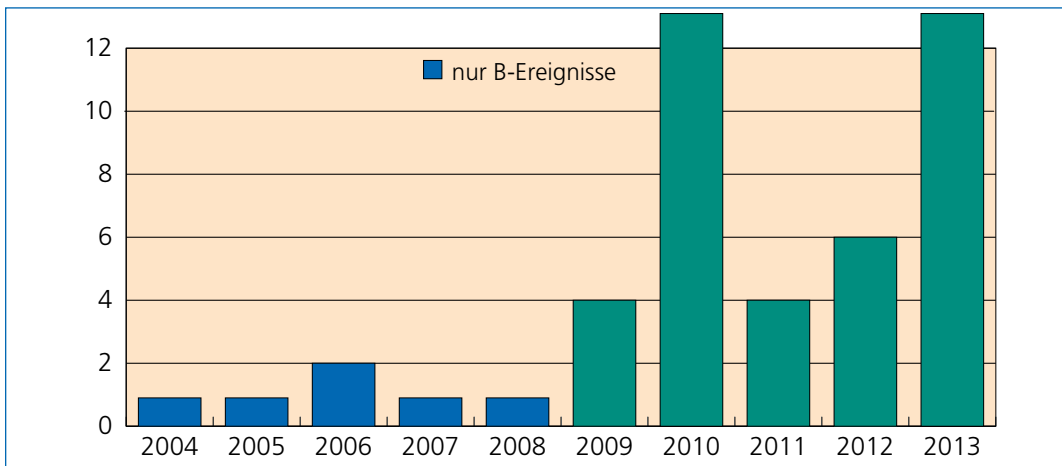
KKL



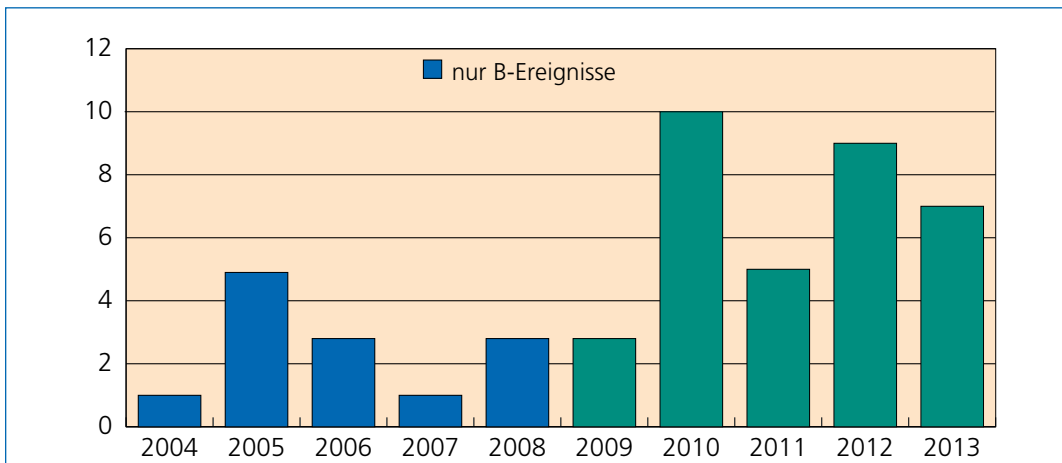


Figur 2
Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse, 2004–2008 sowie meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2009–2013. Aufgrund der geänderten Meldekriterien können die Zahlen vor 2009 nicht mit denjenigen ab 2009 verglichen werden.

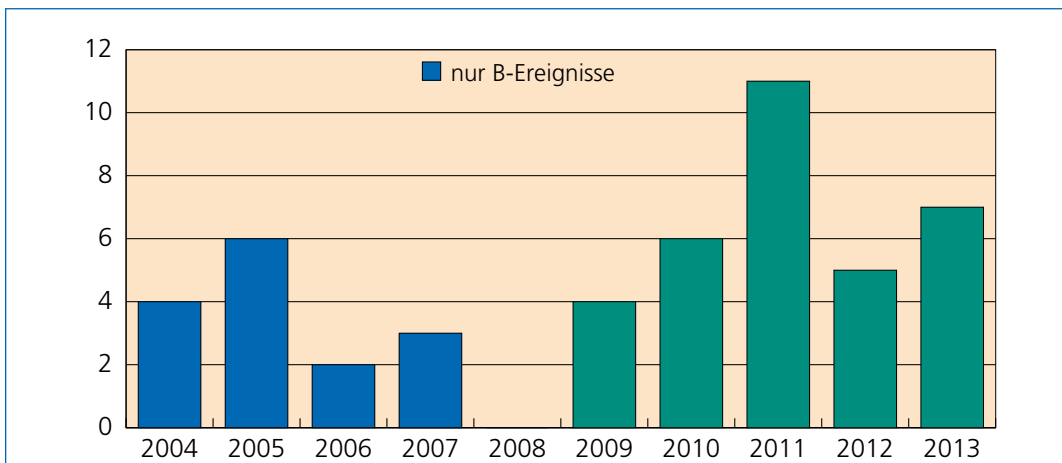
KKB 1 + 2



KKM



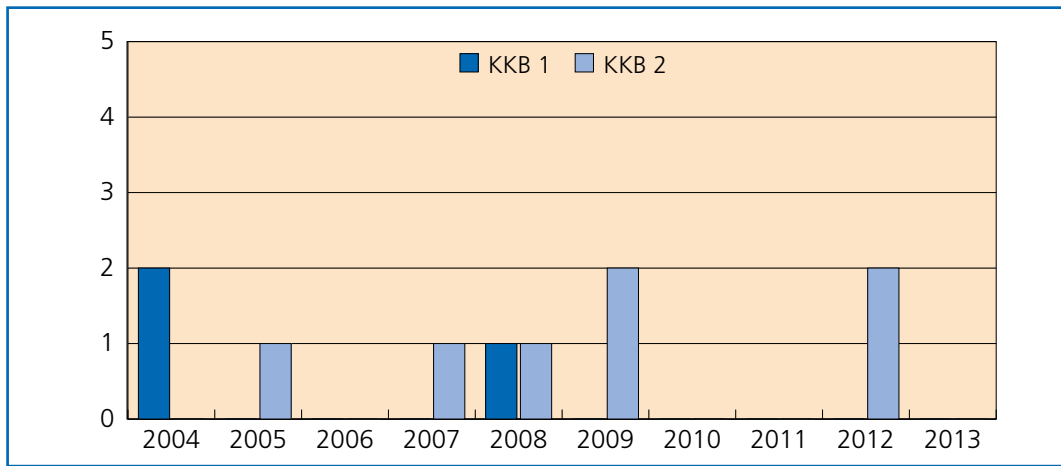
KKG



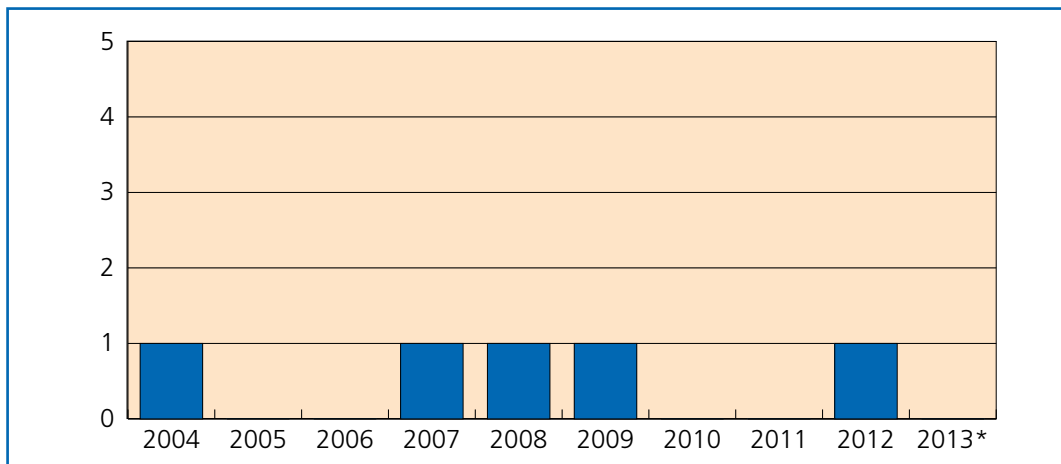
KKL

Figur 3
 Ungeplante Reaktor-
 schnellabschaltungen
 (Scrams), 2004–2013

KKB 1 + 2

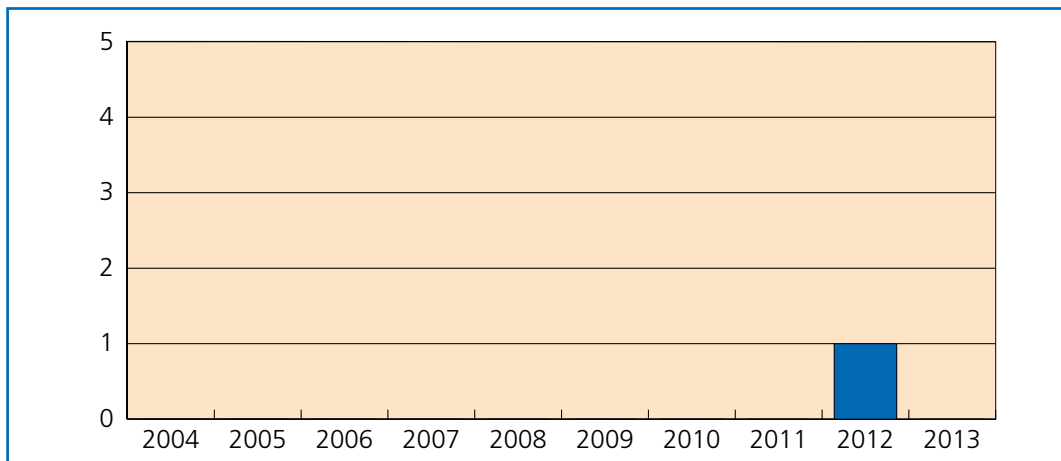


KKM

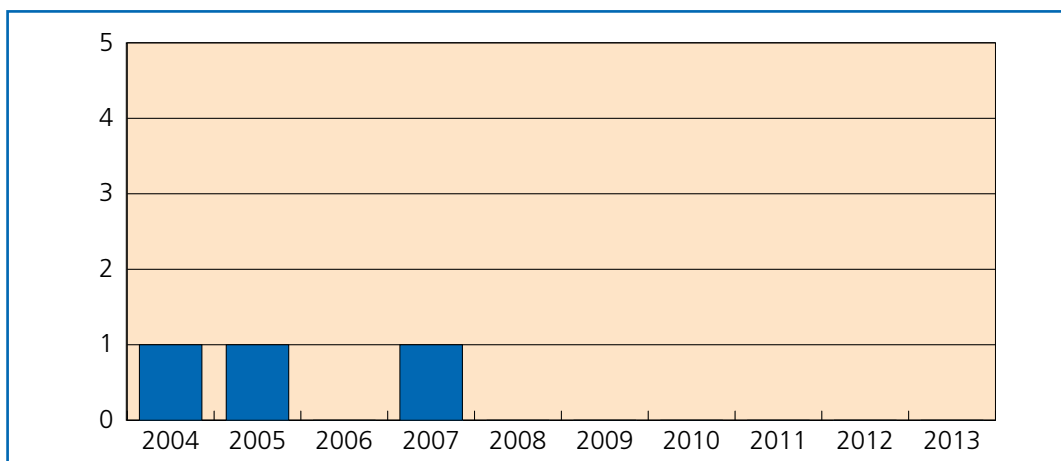


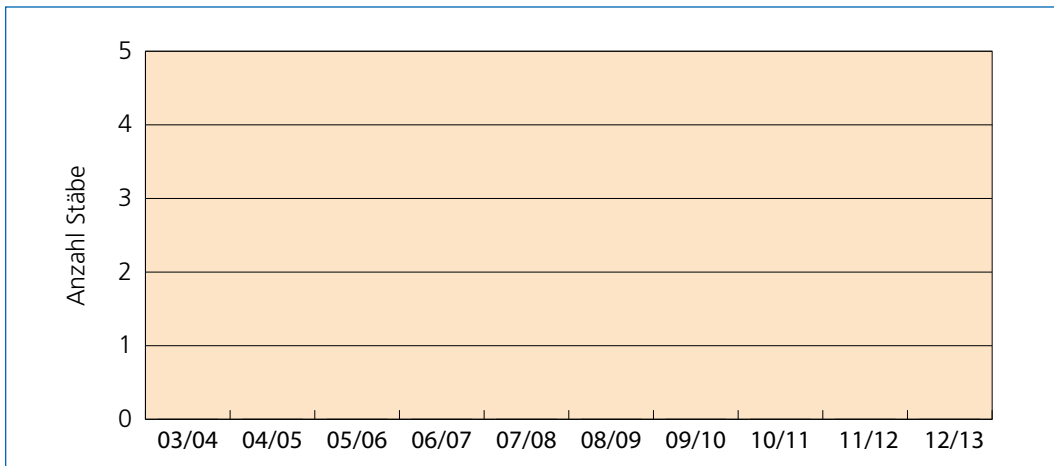
* Scram bei
 Kritikalitätstest
 vor BE-Wechsel
 bei Nullleistung

KKG



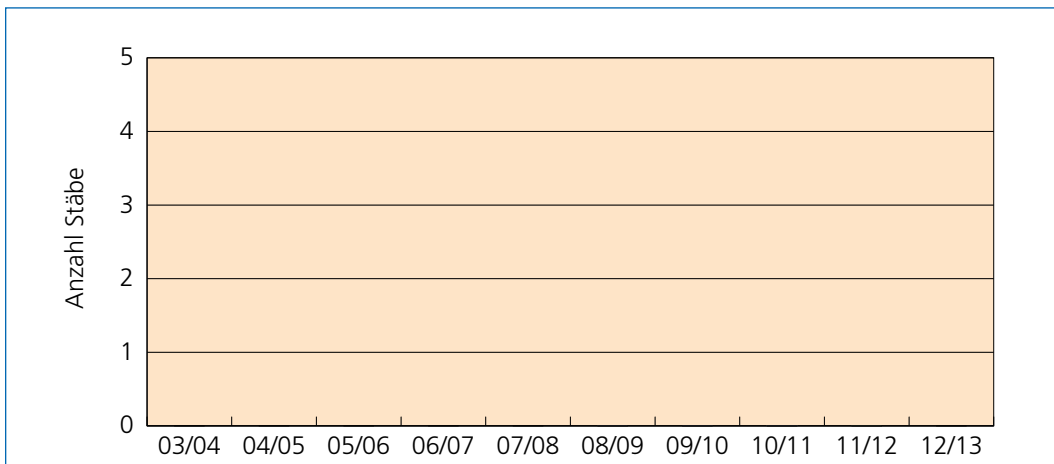
KKL



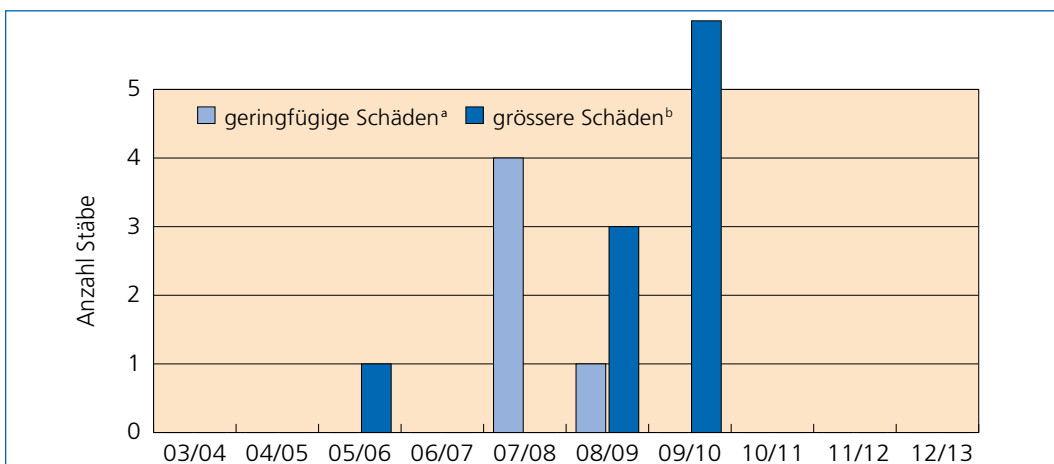


Figur 4
Brennstabschäden
(Anzahl Stäbe),
2004–2013

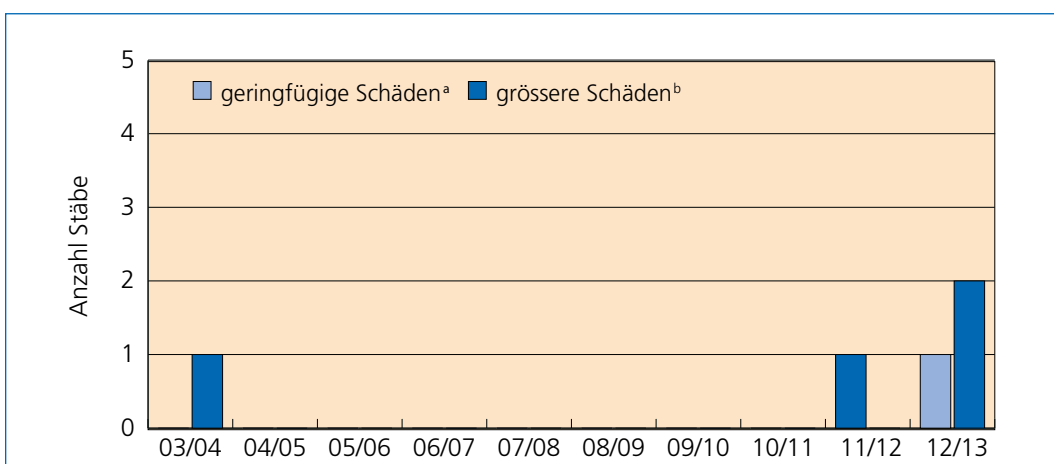
KKB 1 + 2



KKM



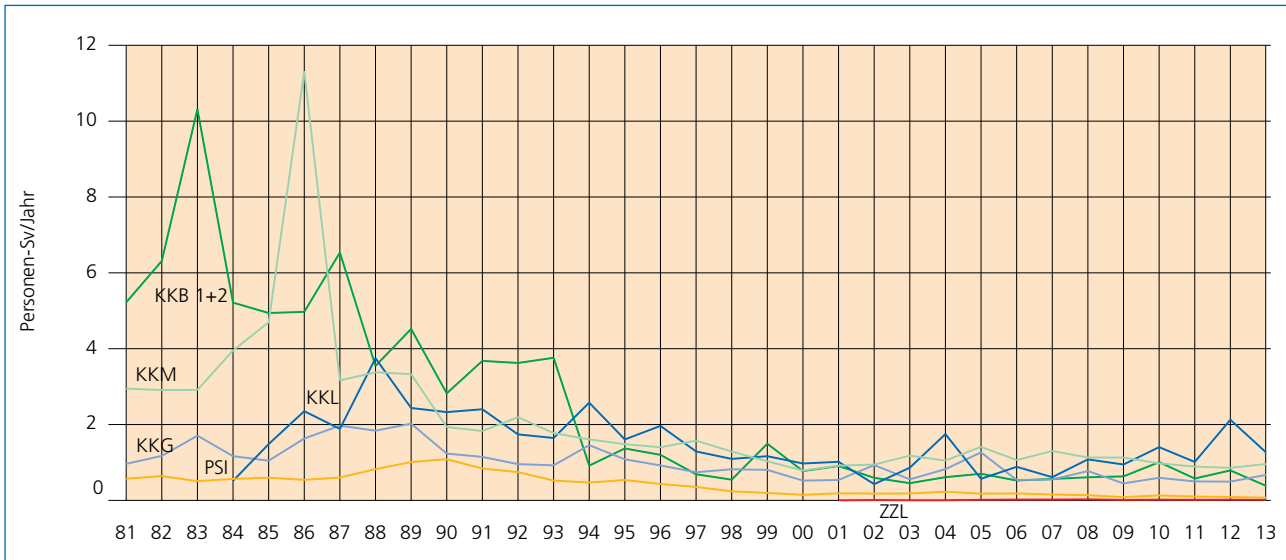
KKG



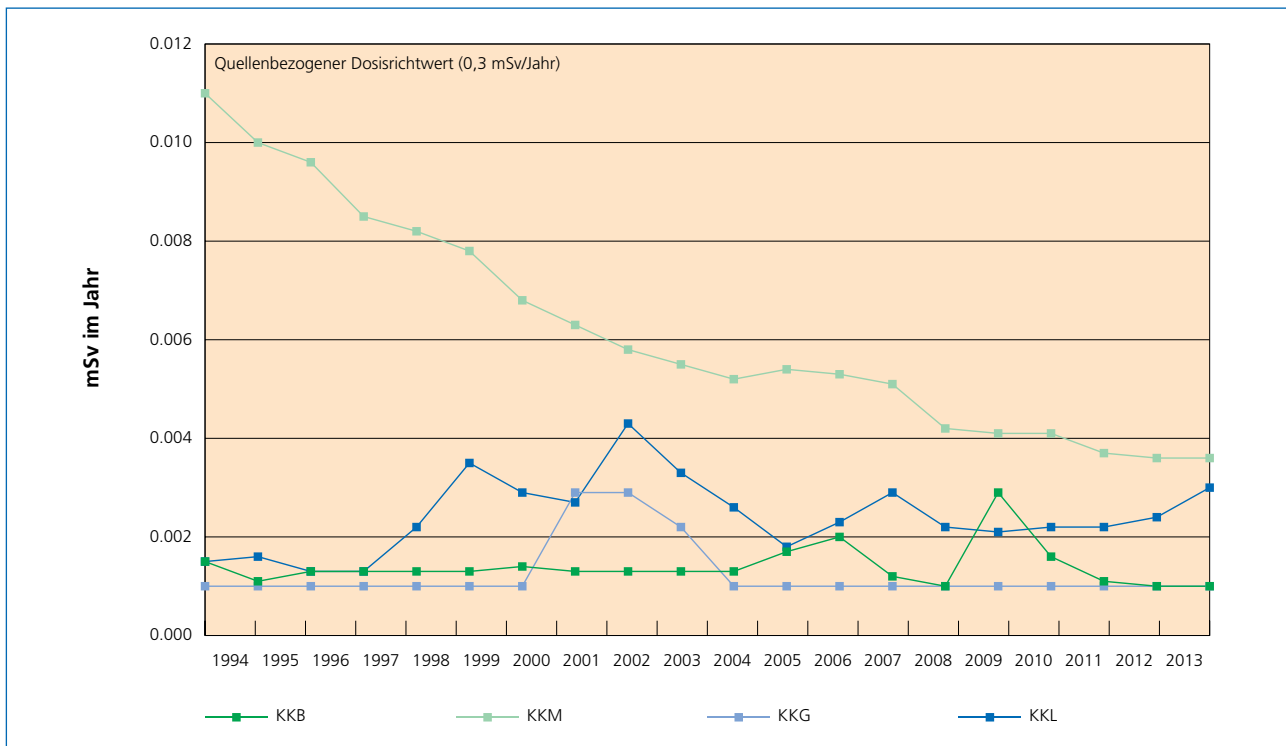
KKL

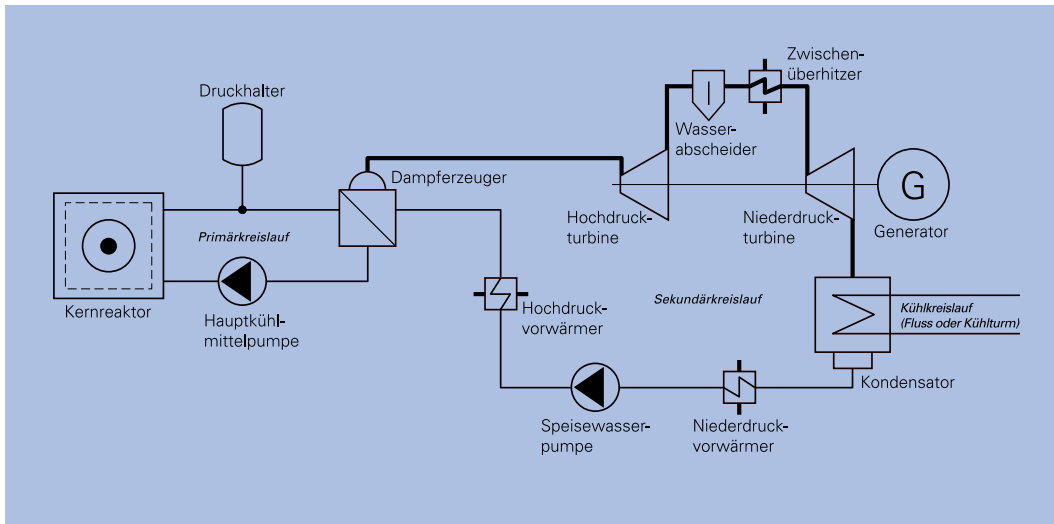
^a z.B. Haarrisse
im Hüllrohr
^b z.B. grosser Riss oder
Bruch des Hüllrohrs
mit Brennstoff-
auswaschung

Figur 5
 Jahreskollektivdosen
 der Kernanlagen in der
 Schweiz in Pers.-Sv,
 1981–2013

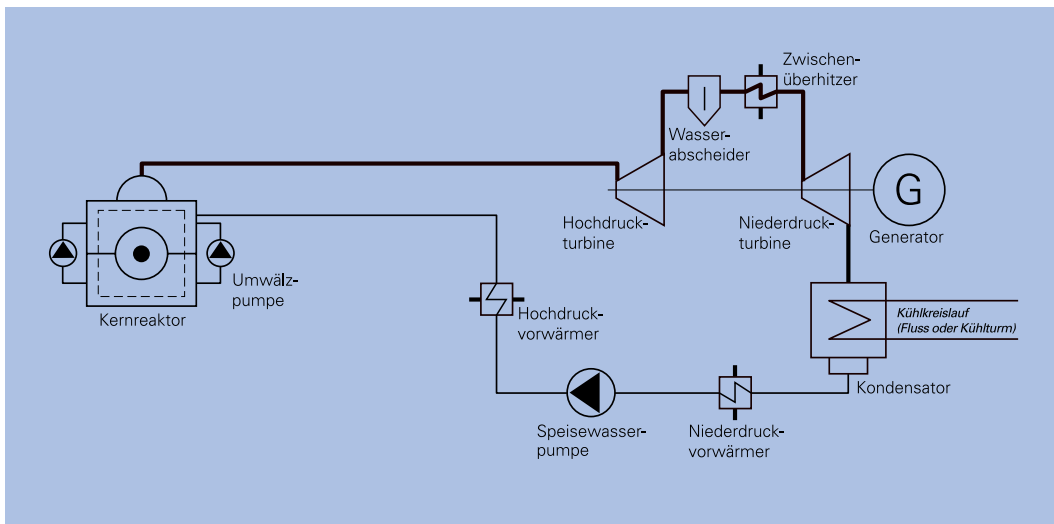


Figur 6
 Berechnete Dosen für
 die meistbetroffenen
 Personen¹ (Erwachsene)
 in der Umgebung der
 schweizerischen KKW





Figur 7a
 Funktionsschema eines
 Kernkraftwerks mit
 Druckwasserreaktor



Figur 7b
 Funktionsschema eines
 Kernkraftwerks mit
 Siedewasserreaktor

Verzeichnis der Abkürzungen

ADAM	Accident Diagnostics, Analysis and Management
ADR	European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
AIRS	Advanced Incident Reporting System
ALARA	«As low as reasonably achievable» (so gering wie vernünftigerweise erreichbar) Konzept der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) zur Dosisbegrenzung
AM	Accident Management
ANPA	System zur automatischen Übertragung der Anlageparameter der KKW zum ENSI
AÜP	Alterungsüberwachungsprogramm
ASME	American Society of Mechanical Engineers
<hr/>	
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BFE	Bundesamt für Energie
Bq	Becquerel
BZL	Bundeszwischenlager
BE	Brennelement
<hr/>	
CFS	Commission franco-suisse de sûreté nucléaire et de radioprotection
CNS	Convention on Nuclear Safety
<hr/>	
DSK	Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen
DWR	Druckwasserreaktor
<hr/>	
EGT	Expertengruppe geologische Tiefenlager
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
<hr/>	
GWh	Gigawattstunde = 10 ⁹ Wattstunden
<hr/>	
HAA	Hochradioaktive Abfälle
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (seit 2009: ENSI)
<hr/>	
IAEA	International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergieagentur), Wien
INES	International Nuclear Event Scale (Internationale Ereignisskala)
IRA	Institut de radiophysique appliquée, Lausanne
IRS	Incident Reporting System
<hr/>	

KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk
KNS	Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit
KOMABC	Eidgenössische Kommission für ABC Schutz
KSR	Eidgenössische Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität

LMA	Langlebige mittelradioaktive Abfälle
LOCA	Loss of coolant accident
LWR	Leichtwasserreaktor

MAA	Mittelradioaktive Abfälle
MADUK	Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernanlagen
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MOX	Uran-Plutonium-Mischoxid
mSv	Millisievert = 10^{-3} Sievert
μ Sv	Mikrosievert = 10^{-6} Sievert
MW	Megawatt = 10^6 Watt, Leistungseinheit
MWe	Megawatt elektrische Leistung
MWth	Megawatt thermische Leistung

NADAM	Netz für die automatische Dosisleistungsmessung und -alarmierung
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NAZ	Nationale Alarmzentrale, Zürich
NEA	Nuclear Energy Agency, Kernenergieagentur der OECD, Paris
NFO	Notfallorganisation
NTB	Nagra Technischer Bericht

OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OSART	Operational Safety Review Team (IAEA)

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

QM	Qualitätsmanagement
QS	Qualitätssicherung

RCIC	Reaktorkernisolations-Kühlsystem
RDB	Reaktordruckbehälter
RID	Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail
<hr/>	
SAA	Schwachradioaktive Abfälle
SAMG	Severe Accident Management Guidance
SMA	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle
StSG	Strahlenschutzgesetz
<hr/>	
StSV	Strahlenschutzverordnung
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Luzern
Sv	Sievert = Strahlendosisäquivalent (1 Sv = 100 rem)
SVTI	Schweizerischer Verein für Technische Inspektionen
SWR	Siedewasserreaktor
<hr/>	
TBq	Terabecquerel (1 TBq = 10 ¹² Bq)
TL-Behälter	Transport- und Lagerbehälter
TLD	Thermolumineszenz-Dosimeter
<hr/>	
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
<hr/>	
WANO	World Association of Nuclear Operators
WENRA	Western European Nuclear Regulators' Association
<hr/>	
ZWIBEZ	Zwischenlager für radioaktive Abfälle, KKW Beznau
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG

Herausgeber

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
CH-5200 Brugg
Telefon +41 (0)56 460 84 00
Telefax +41 (0)56 460 84 99
info@ensi.ch
www.ensi.ch

Zusätzlich zu diesem Aufsichtsbericht...

...informiert das ENSI in weiteren jährlichen Berichten aus seinem Arbeits- und Aufsichtsgebiet (Erfahrungs- und Forschungsbericht, Strahlenschutzbericht, Tätigkeits- und Geschäftsbericht des ENSI-Rates).

ENSI-AN-8800
ISSN 1661-2876

© ENSI, Juni 2014

ENSI-AN-8800
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