



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 2014

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

Aufsichtsbericht 2014

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

Rapport de Surveillance 2014

sur la sécurité nucléaire dans les installations nucléaires en Suisse

Regulatory Oversight Report 2014

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	29
1.4 Strahlenschutz	31
1.5 Radioaktive Abfälle	31
1.6 Notfallbereitschaft	32
1.7 Personal und Organisation	32
1.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	33
1.9 Sicherheitsbewertung	33
2. Kernkraftwerk Mühleberg	37
2.1 Überblick	37
2.2 Betriebsgeschehen	38
2.3 Anlagentechnik	42
2.4 Strahlenschutz	45
2.5 Radioaktive Abfälle	46
2.6 Notfallbereitschaft	47
2.7 Personal und Organisation	47
2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	48
2.9 Sicherheitsbewertung	48

3. Kernkraftwerk Gösgen	51
3.1 Überblick	51
3.2 Betriebsgeschehen	52
3.3 Anlagentechnik	57
3.4 Strahlenschutz	59
3.5 Radioaktive Abfälle	60
3.6 Notfallbereitschaft	60
3.7 Personal und Organisation	61
3.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	61
3.9 Sicherheitsbewertung	62
4. Kernkraftwerk Leibstadt	65
4.1 Überblick	65
4.2 Betriebsgeschehen	66
4.3 Anlagentechnik	71
4.4 Strahlenschutz	73
4.5 Radioaktive Abfälle	74
4.6 Notfallbereitschaft	74
4.7 Personal und Organisation	75
4.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	75
4.9 Sicherheitsbewertung	76
5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen	79
5.1 Zwischenlagergebäude	79
5.2 Konditionierungsanlage	80
5.3 Plasma-Anlage	80
5.4 Strahlenschutz	81
5.5 Notfallbereitschaft	81
5.6 Personal und Organisation	82
5.7 Vorkommnisse	82
5.8 Gesamtbeurteilung	82

6. Paul Scherrer Institut (PSI)	83
6.1 Hotlabor	83
6.2 Kernanlagen in Stilllegung	84
6.3 Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle	85
6.4 Strahlenschutz	87
6.5 Notfallbereitschaft	87
6.6 Personal und Organisation	87
6.7 Vorkommnisse	88
6.8 Schule für Strahlenschutz	88
7. Weitere Kernanlagen	89
7.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	89
7.2 Universität Basel	89
8. Transporte und Behälter	91
8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	91
8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	91
8.3 Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung	92
8.4 Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen	92
8.5 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	92
8.6 Inspektionen und Audits	94
9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle	95
9.1 Sachplan geologische Tiefenlager	95
9.2 Entsorgungsprogramm	96
9.3 Offene Fragen aus dem Entsorgungsnachweis	100
9.4 Expertengruppe geologische Tiefenlagerung (EGT)	100
9.5 Felslaboratorien	101
9.6 Internationaler Wissenstransfer	102
10. Anlagenübergreifende Themen	105
10.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management	105
10.2 Erdbebengefährdungsanalyse	107
10.3 Fukushima-Massnahmen	108
10.4 Convention on Nuclear Safety	111
Anhang	113
Verzeichnis der Abkürzungen	135

Vorwort



Eine der gesetzlichen Aufgaben des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats ENSI ist die Information der Öffentlichkeit über den Zustand und den Betrieb der Kernanlagen in der Schweiz. Wir kommen dieser gesetzlichen Pflicht laufend auf unserer Website www.ensi.ch nach und jährlich zusammenfassend mit dem Aufsichtsbericht, den Sie in den Händen halten.

Bilanzierend kann ich dieses Jahr festhalten: In den Kernanlagen in der Schweiz hat sich 2014 kein Vorkommnis ereignet, das die Sicherheit von Mensch und Umwelt gefährdet hat. Alle Anlagen haben die gesetzlichen Anforderungen erfüllt. Davon haben wir uns unter anderem im Rahmen von über 400 angemeldeten und unangemeldeten Inspektionen sowie mehreren Nachweisen überzeugt.

Dass sich in hochkomplexen technischen Anlagen Vorkommnisse ereignen, kann nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Wichtig ist aber, dass deren Auswirkungen begrenzt bleiben sowie Mensch und Umwelt – und dazu gehört auch das Personal der Kernanlagen – nicht gefährdet werden. Im Jahr 2014 waren 40 meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Die Meldepflicht dient mit dazu, dass wir als Aufsichtsbehörde einen Überblick über den Zustand und den Betrieb einer

Anlage erhalten. Die konsequente Auswertung dieser Vorkommnisse dient zudem der laufenden Verbesserung der Sicherheit.

Beobachten, Melden, Analysieren und Verbessern sind wichtige Bestandteile einer guten Sicherheitskultur. Eine gesunde Sicherheitskultur ist unabdingbare Grundlage für die Sicherheit einer Kernanlage, denn nicht nur die Technik, sondern auch der Mensch ist ein wesentlicher Sicherheitsfaktor. Entsprechend ist es wichtig, einer guten Sicherheitskultur Sorge zu tragen, sie zu fördern und immer wieder auch zu hinterfragen.

In den Kernkraftwerken in der Schweiz ist es Standard, sich laufend mit der eigenen Sicherheitskultur zu befassen. Das ENSI verfügt über eine eigene Sektion, die sich mit Aspekten von Mensch und Organisation befasst und die Entwicklungen in den Werken ständig verfolgt.

Im vergangenen Jahr mussten wir ein Vorkommnis auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 1 zuordnen, welches seine Ursache im Bereich der Sicherheitskultur hatte: Bohrlöcher im Containment des Kernkraftwerks Leibstadt, die im Sommer von Mitarbeitern des Werks entdeckt und vorschriftsgemäss dem ENSI gemeldet wurden. Sicherheitstechnisch waren die Bohrlöcher von geringer Bedeutung. Hingegen zeigt das Vorkommnis, dass dort im Jahr 2008 bedeutende organisatorische Mängel bestanden. Das Kernkraftwerk Leibstadt musste auf Grund der Erkenntnisse Verbesserungsmaßnahmen ergreifen. Eine der Konsequenzen des Vorkommnisses ist auch, dass wir als Aufsichtsbehörde dem Thema Mensch und Organisation im Kernkraftwerk Leibstadt dieses Jahr besondere Aufmerksamkeit schenken.

Eine gute Sicherheitskultur ist ein hohes Gut. Es braucht viel, um eine solche aufzubauen, und wir müssen darauf achten, dass wir sie nicht zerstören. Vorwürfe, Strafen und Einschüchterungen sind Gift für die Sicherheitskultur. Es muss alles getan werden, um Fehler zu vermeiden, aber wenn sie passieren, dann müssen sie konstruktiv angegangen werden. Wenn Probleme, Mängel und Fehler aus Angst vor Konsequenzen verheimlicht oder gar vertuscht werden, ist dies der Sicherheit abträglich. Schuldige zu suchen mag zwar den Bedarf nach

Schlagzeilen und Bestrafung befriedigen, hilft aber nicht, die Sicherheit zu verbessern.

Heute wissen wir, dass Mängel in der Sicherheitskultur mit dazu beigetragen haben, dass es in Fukushima zu einem solch schweren Reaktorunfall kommen konnte. Diese Mängel bestanden nicht nur auf der Seite der Betreiber, sondern auch auf Seiten der Aufsicht. Wir haben in den Monaten nach dem 11. März 2011 den Unfall an Japans Ostküste, dessen Ursachen, Ablauf und Folgen eingehend analysiert und Lehren daraus gezogen. Einer der Prüfpunkte, den wir für uns identifizierten, war die Sicherheitskultur.

Auch die Sicherheitskultur bei uns als Aufsichtsbehörde, wir nennen das unsere Aufsichtskultur, haben wir seit Fukushima intensiv hinterfragt, denn durch unsere Aufsicht beeinflussen wir die Sicherheitskultur der Betriebe, die wir beaufsichtigen. Der Einfluss der Behörde auf die Beaufsichtigten hängt nebst den rechtlichen und institutionellen Rahmenbedingungen wesentlich auch von unserem Aufsichtsansatz und unserer Aufsichtskultur ab.

Das ENSI hat Anfang 2012 ein entsprechendes Projekt zur Aufsichtskultur ins Leben gerufen. Dieses lief über drei Jahre und es wurde die gesamte ENSI-Belegschaft wiederholt aktiv einbezogen. Das Resultat ist neben einem neuen Leitbild ein Paket mit 15 Massnahmen. Diese sind langfristig angelegt und zielen darauf ab, den mit dem Projekt initialisierten Reflexionsprozess des ENSI über seine Aufsicht und deren Wirkung auf die Sicherheitskultur der Beaufsichtigten im Aufsichtsalltag dauerhaft zu etablieren. Die Massnahmen sehe ich als Beitrag zum Prozess der kontinuierlichen Verbesserung der Arbeit des ENSI, was letztlich dem Schutz von Mensch und Umwelt zugutekommt.

Aufsicht wird von Menschen ausgeübt. Aus diesem Grund danke ich abschliessend allen Mitarbeitenden des ENSI, die sich auch 2014 täglich mit Umsicht, grossem Engagement und Verantwortungsbewusstsein für den Erhalt und die Verbesserung der Sicherheit eingesetzt haben.



Dr. Hans Wanner
Direktor
Juni 2015

Préface

Une des missions légales de l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) est l'information du public sur l'état et le fonctionnement des installations nucléaires en Suisse. Nous donnons continuellement suite à ce devoir légal sur notre site web www.ifsn.ch et, en résumant chaque année, avec le rapport de surveillance que vous tenez dans vos mains. Comme bilan, je peux relever pour cette année qu'aucun évènement ne s'est produit en 2014 dans les installations nucléaires en Suisse qui aurait pu menacer la sécurité de l'être humain et de l'environnement. Toutes les installations ont rempli les exigences légales. Nous nous en sommes convaincus notamment lors de plus de 400 inspections annoncées et inopinées ainsi que dans le cadre de plusieurs démonstrations.

Il ne peut pas être entièrement exclu que des évènements surviennent dans des installations très complexes au niveau technique. Il est toutefois important que leurs conséquences restent limitées et que l'environnement tout comme l'être humain – dont fait partie le personnel des installations nucléaires – ne soient pas menacés. En 2014, 40 évènements soumis au devoir de notification ont été recensés. Le devoir de notification sert aussi à ce que nous recevions en tant qu'autorité de surveillance une vue d'ensemble de l'état et de l'exploitation d'une installation. L'évaluation systématique de ces évènements sert en outre à une amélioration continue de la sécurité.

L'observation, la notification, l'analyse et l'amélioration sont des composantes importantes d'une bonne culture de sécurité. Une culture de sécurité saine est une base indispensable pour la sécurité d'une installation nucléaire. Ce n'est pas seulement la technique mais aussi l'être humain qui constitue un facteur essentiel de sécurité. En conséquence, il est important de veiller à une bonne culture de sécurité, de la promouvoir et de la remettre constamment en question.

Dans les centrales nucléaires en Suisse, il est normal de se pencher continuellement sur sa propre culture de sécurité. L'IFSN dispose d'une section propre traitant des facteurs humains et organisationnels. Cette section suit également en permanence les évolutions dans les centrales.

Nous avons dû classer l'année passée un évènement au niveau 1 de l'échelle internationale d'appréciation INES. Cet évènement trouvait sa cause dans le domaine de la culture de sécurité : il s'agissait de perçages dans l'enceinte de confinement de la centrale nucléaire de Leibstadt. Ils avaient été découverts en été par des collaborateurs de la centrale et annoncés conformément aux prescriptions à l'IFSN. Les trous de perçage avaient une faible signification en matière de sécurité. En revanche, l'évènement a montré que des lacunes significatives existaient en 2008 dans le domaine organisationnel de cette installation. La centrale nucléaire de Leibstadt a dû prendre des mesures d'amélioration sur la base des enseignements tirés. Une des conséquences de l'évènement correspond aussi à l'attention particulière accordée cette année par l'autorité de surveillance à la thématique de l'être humain et de l'organisation à la centrale nucléaire de Leibstadt.

Une bonne culture de sécurité constitue une valeur importante. Il faut beaucoup pour en construire une et nous devons veiller à ce que nous ne la détruisions pas. Des reproches, des punitions et des intimidations sont un poison pour la culture de sécurité. Tout doit être fait pour éviter des erreurs. Mais lorsqu'elles se produisent, elles doivent être abordées de manière constructive. Lorsque des problèmes, des lacunes et des erreurs sont dissimulés ou même étouffés par peur des conséquences, la sécurité en pâtit. La recherche de coupables satisfait peut-être un besoin en termes de gros titres et de répression. Elle n'aide cependant pas à améliorer la sécurité.

Nous savons aujourd'hui que des lacunes dans la culture de sécurité ont contribué à ce qu'un accident grave survienne à Fukushima. Ces lacunes n'existaient pas seulement du côté des exploitants mais aussi du côté de la surveillance. Dans les mois suivant le 11 mars 2011, nous avons analysé en détail l'accident sur la côte Est du Japon, ses causes, son déroulement et ses conséquences. Nous en avons tiré des enseignements. Un des points de contrôle que nous avons identifiés se trouvait être la culture de sécurité.

Depuis Fukushima, nous avons intensément remis en question notre culture de sécurité à l'autorité de surveillance. Nous l'appelons culture de surveillance. Par notre surveillance, nous influençons en effet la culture de sécurité des entreprises que nous contrôlons. L'influence de l'autorité sur les organismes surveillés dépend essentiellement, en plus des conditions cadres juridiques et institutionnelles, de notre approche en matière de surveillance et de notre culture de surveillance.

Début 2012, l'IFSN a lancé un projet correspondant sur la culture de surveillance. Il s'est déroulé sur trois ans. L'ensemble du personnel de l'IFSN a été activement impliqué à plusieurs reprises. Le résultat correspond à une nouvelle charte et à un train de quinze mesures. Elles sont orientées sur le long terme et visent à établir durablement dans le quotidien de la surveillance le processus de réflexion de l'IFSN, initié avec le projet, sur sa surveillance et sur son action sur la culture de sécurité des organismes surveillés. Je perçois les mesures comme une contribution au processus d'amélioration continue du travail de l'IFSN, ce qui bénéficie au final à la protection de l'être humain et de l'environnement.

La surveillance est exercée par des êtres humains. Pour cette raison, je remercie pour finir tous les employés de l'IFSN qui se sont impliqués quotidiennement en 2014 avec soin, un grand engagement et le sens des responsabilités pour le maintien et l'amélioration de la sécurité.



*Dr Hans Wanner
Directeur
Juin 2015*

Preface

The statutory remit of ENSI, the Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, includes a requirement to provide information to the public on the condition and operation of the nuclear facilities in Switzerland. In order to discharge this responsibility, ENSI regularly uploads information to its website at www.ensi.ch. It also produces a Regulatory Oversight Report summarising its work, a copy of which you now have.

I can confirm that no incidents took place in the Swiss nuclear facilities in 2014 that endangered the safety of either humans or the environment. All facilities satisfied the statutory requirements. We have verified this by conducting more than 400 pre-announced and unannounced inspections and evaluating proof of safety evidence.

Because of the highly complex and technical nature of nuclear facilities, it is impossible to exclude all incidents. What is important, however, is that their impact is limited and that humans and the environment – this also includes employees working in nuclear facilities – are not put in danger. During 2014, there were a total of 40 notifiable incidents. The reporting obligation ensures that we as the regulatory authority retain an overview of the condition and operation of facilities. The consistent evaluation of these incidents also allows ongoing safety improvements.

Monitoring, notifications, analyses and improvements are important elements of a good safety culture. A healthy safety culture is an essential prerequisite for the safety of a nuclear facility as safety depends not only on technology but also on human factors. For this reason, it is important to pay particular attention to a good safety culture and to promote and constantly question it.

It is standard practice for individual nuclear power stations in Switzerland to address their own safety culture on a continuous basis. ENSI has a dedicated section on human and organisational factors that is conducting regular monitoring of developments in the plants.

During 2014, one Level 1 event on the International Nuclear and Radiological Event Scale INES with its root cause in a facility's safety culture was reported when employees at the Leibstadt nuclear

power plant discovered drill holes in the containment and notified ENSI, as required. From a safety perspective, the drill holes were of minor significance. However, the event did reveal the existence of significant organisational deficiencies at the plant in 2008. As a result of this discovery, the Leibstadt plant was required to take measures to improve the situation. A further consequence of the event was that we as the regulatory authority paid particular attention to human and organisational factors at the Leibstadt plant this year.

A good safety culture is a valuable asset and considerable effort is required in its establishment. We must ensure that we do not destroy it. Accusations, sanctions and intimidation all poison a safety culture. Everything must be done to avoid errors but if they do happen, they must be dealt with constructively. If problems, defects or errors are concealed or even hushed up because of fear of the consequences, this is harmful to safety. If we look for culprits, this may satisfy the need for headlines and punishments but it does not help improving safety. We now know that shortcomings in safety culture contributed to the severity of the reactor accident at Fukushima. It has been established that deficiencies existed both in the plant itself and in the oversight system. In the months after 11 March 2011, ENSI conducted a detailed analysis of the accident on Japan's East Coast, its causes, development and consequences, and took actions based on the lessons learned. One of the areas that we highlighted was safety culture.

Following Fukushima, we also subjected the safety culture within the regulatory body to in-depth scrutiny. After all, our supervisory culture influences the safety culture of the facilities that we regulate. The influence of a regulator on the regulated depends not only on the legal and institutional framework but also on its supervisory approach and its supervisory culture.

At the start of 2012, ENSI instigated a corresponding project looking at its own supervisory culture. The 3 year project has actively involved the entire ENSI workforce and from this we have produced a new mission statement and a package of 15 long-term measures. The measures are designed to

ensure that the process of reflection instigated by the project is continued and becomes an integral part of our oversight, and that its impact on the safety culture of the monitored facilities is ensured on a permanent and daily basis. I regard these measures as a contribution to the continuous improvement of our work, which ultimately also further the protection of humans and the environment.

Oversight is conducted by people. For that reason, I should like to conclude by thanking all ENSI staff who throughout 2014 have shown prudence, commitment and a sense of responsibility in their efforts to maintain and improve safety.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'H. Wanner', with a long horizontal flourish extending to the right.

*Dr Hans Wanner
Director General
June 2015*

Zusammenfassung und Übersicht

Das ENSI

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI ist die Aufsichtsbehörde des Bundes. Es begutachtet und beaufsichtigt die Kernanlagen in der Schweiz. Dazu zählen die fünf Kernkraftwerke, die Zwischenlager bei den Kraftwerken, das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag 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.

Das Kernenergiegesetz, die Kernenergieverordnung, das Strahlenschutzgesetz, die Strahlenschutzverordnung sowie weitere Verordnungen und Vorschriften zur nuklearen Sicherheit, zur Personalaus- bildung, zum Notfallschutz, zum Transport radioaktiver Stoffe und zur geologischen Tiefenlagerung bilden die gesetzliche Basis für die Aufsicht des ENSI. 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 informiert die Öffentlichkeit über besondere Ereignisse und Befunde in den Kernanlagen, zum Beispiel im Rahmen von öffent-

lichen Veranstaltungen, Fachvorträgen sowie auf seiner Website www.ensi.ch.

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

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. In jedem dieser Kapitel legt das ENSI seine Sicherheitsbewertung pro Kraftwerk und Berichtsjahr dar. Im Kapitel 5 berichtet es über das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen. Die Kapitel 6 und 7 widmet das ENSI den Kernanlagen des Paul Scherrer Instituts sowie den Forschungsreaktoren der Universität Basel und der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne (EPFL). Im Kapitel 8 werden die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den schweizerischen Kernanlagen erwähnt. Im Kapitel 9 werden die vorbereitenden Arbeiten zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle thematisiert. 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 Bewilligungsinhaber 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 2014 zu 38 meldepflichtigen Vorkommnissen: je 5 Vorkommnisse betrafen die beiden Blöcke des Kernkraftwerks Beznau, 11 das Kernkraftwerk Gösgen, 9 das Kernkraftwerk Leibstadt und 8 das Kernkraftwerk Mühleberg. Im Berichtsjahr kam es zu einer Reaktorschnellabschaltung aus dem Leistungsbetrieb, nämlich am 5. Juli 2014 im Kernkraftwerk Leibstadt (Kap. 4.2).

Auf der von Stufe 0 bis 7 reichenden internationalen Ereignisskala INES ordnete das ENSI im Berichtsjahr 37 der 38 meldepflichtigen Vorkommnisse in den Kernkraftwerken der Stufe 0 zu. Ein Vorkommnis im Kernkraftwerk Leibstadt wurde mit INES 1 eingestuft. Es handelt sich dabei um wanddurchdringende Bohrungen an der Stahlwand des Containments zwecks Befestigung von zwei Handfeuerlöschern (Kap. 4.2).

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 Inspektionen.

Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen umfasst mehrere Zwischenlagergebäude, die Konditionierungsanlage und die Plasma-Anlage (Verbrennungs- und Schmelzanlage). Ende 2014 befanden sich in der Behälterlagerhalle 42 Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen sowie sechs Behälter mit Stilllegungsabfällen aus dem Versuchskernkraftwerk Lucens.

Im Berichtsjahr wurde nur eine Kampagne zur Verbrennung und Einschmelzung von radioaktiven Abfällen durchgeführt. Das ENSI verzeichnete bei der Zwiilag im Jahr 2014 keine meldepflichtigen Vorkommnisse.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Zwiilag die bewilligten Betriebsbedingungen im Jahr 2014 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. Dabei handelt es sich um 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 2014 keine meldepflichtigen Vorkommnisse zu verzeichnen. Hingegen gab es am Forschungsreaktor der Universität Basel sowie am Forschungsreaktor der ETH Lausanne je ein Vorkommnis.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die bewilligten Betriebsbedingungen im Jahr 2014 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 in Kraft getretene 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 erfolgten Transporte mit mittel- sowie hochaktiven Abfällen aus La Hague in die Schweiz zum zentralen Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen (Kap. 8.4).

sowie der Entsorgung in geologischen Tiefenlagern weltweit zu verfolgen.

Die Resultate dieser Arbeiten fliessen in die Aufsichtstätigkeit und die Weiterentwicklung des Regelwerks des ENSI ein.

Geologische Tiefenlagerung

Das dreistufige Standortauswahlverfahren (Sachplan geologische Tiefenlager) befand sich im Berichtsjahr in Etappe 2 (Kap. 9.1 und 9.2). Das ENSI hat 2014 insbesondere die Überprüfung des geologischen Kenntnisstandes für Etappe 2 abgeschlossen, zu der es der Nagra 41 Forderungen gestellt hatte. In einem breit angelegten partizipativen Verfahren mit weiteren Fachstellen konnte diese Überprüfung im August 2014 abgeschlossen und der Nagra grünes Licht zum Einreichen der Unterlagen zu Etappe 2 gegeben werden. Das ENSI hat anschliessend die von der Nagra eingereichten Unterlagen einer Grobprüfung unterzogen. Die Nagra will – gemäss ihrem Ende Januar 2015 publizierten Vorschlag – die Standortgebiete Jura Ost und Zürich Nordost als mögliche Standortgebiete für geologische Tiefenlager vertieft untersuchen. Das ENSI wird diese Auswahl zusammen mit der Expertengruppe geologische Tiefenlager (EGT) und weiteren Experten im In- und Ausland nun eingehend prüfen.

Die für die Tiefenlagerung notwendigen Daten werden teilweise in Felslabors ermittelt, an welchen sich das ENSI seit Jahren mit regulatorischen Forschungsprojekten beteiligt. Die mit internationaler Beteiligung betriebene erdwissenschaftliche Forschungstätigkeit im Opalinuston im Felslabor Mont Terri (Kanton Jura) wurde 2014 weitergeführt.

In Ergänzung dazu ermöglicht die Mitarbeit in nationalen und internationalen Arbeitsgruppen und Informationsplattformen dem ENSI, aktuell relevante Themen im Bereich der Erdwissenschaften

Résumé et aperçu

L'IFSN

L'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) est l'autorité de surveillance de la Confédération. Elle expertise et surveille les installations nucléaires en Suisse. Les cinq centrales nucléaires, les dépôts intermédiaires situés dans les centrales, le dépôt de stockage intermédiaire Zwiilag de Würenlingen, les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (PSI), de l'Université de Bâle et de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Les inspections, entretiens de surveillance, contrôles et analyses ainsi que les rapports des exploitants des installations permettent à l'IFSN d'acquiescer la vue d'ensemble nécessaire sur la sécurité des installations nucléaires surveillées. L'IFSN veille au respect des prescriptions et à la conformité de la gestion de l'exploitation avec la loi. Son domaine de surveillance s'étend 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. Cette dernière fait partie 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 nucléaire, sur 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 les bases légales 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.ifsfn.ch).

L'IFSN donne des informations régulières sur ses activités de surveillance et sur la sécurité nucléaire des installations suisses. Elle informe le public des événements et constats particuliers dans les installations nucléaires, par exemple dans le cadre de réunions publiques, d'exposés ou sur son site Internet www.ifsfn.ch.

Le présent rapport de surveillance fait partie du compte rendu périodique de l'IFSN. L'IFSN publie aussi chaque année 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 Internet.

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. L'IFSN présente dans chacun de ces chapitres une évaluation de la sécurité par centrale et exercice.

Le chapitre 5 traite du dépôt de stockage intermédiaire Zwiilag à Würenlingen. Les chapitres 6 et 7 sont consacrés par l'IFSN aux installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer ainsi qu'aux réacteurs de recherche de l'Université de Bâle et de l'Ecole 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 thématise les travaux préparatoires pour le stockage en couches géologiques profondes des déchets radioactifs. Enfin, le chapitre 10 aborde d'autres aspects communs aux installations, notamment les études probabilistes de sécurité. Les tableaux et les graphiques 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 des autorisations ont respecté leurs devoirs de notification fixés par la loi à l'égard de l'autorité de surveillance. Toutes les installations témoignent d'un bon état en matière de sécurité.

Dans les centrales nucléaires suisses, 38 événements soumis au devoir de notification sont survenus en 2014: 5 événements concernaient chacune des deux tranches de la centrale nucléaire de Beznau, 11 la centrale nucléaire de Gösgen, 9 celle de Leibstadt et 8 celle de Mühleberg. Un arrêt automatique de réacteur en fonctionnement de puissance s'est produit le 5 juillet 2014 à la centrale nucléaire de Leibstadt (chap. 4.2).

37 des 38 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. Un événement dans la centrale nucléaire de Leibstadt a été attribué au niveau 1 de l'échelle INES. Il s'agit de trous traversant la paroi en acier de l'enceinte de confinement pour fixer deux extincteurs manuels d'incendie (chap. 4.2).

L'IFSN évalue la sécurité de chaque 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 inspections.

Dépôt de stockage intermédiaire de Würenlingen

Le dépôt 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 2014, la halle des conteneurs abritait 42 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.

Une seule campagne d'incinération et de fusion des déchets radioactifs a eu lieu lors de l'exercice. En 2014, l'IFSN n'a recensé aucun événement soumis au devoir de notification à Zwiilag.

L'IFSN en conclut que Zwiilag a respecté en 2014 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 (PSI), 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.

Au cours de l'exercice sous revue, quatre installations nucléaires se trouvaient au PSI 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.

Aucun événement soumis au devoir de notification n'a été recensé en 2014 pour les installations nucléaires du PSI. En revanche, il y a eu un événement dans le réacteur de recherche de l'Université de Bâle et un événement concernant le réacteur de recherche de l'EPFL.

L'IFSN en conclut que les conditions d'exploitation autorisées ont été respectées en 2014 tant dans les installations nucléaires du PSI que dans les réacteurs de recherche de Lausanne et de Bâle.

Rejets de substances radioactives

L'année passée, les rejets de substances radioactives dans l'environnement via les eaux usées et l'air rejeté des centrales nucléaires, du dépôt de stockage intermédiaire Zwiilag, des installations nucléaires du PSI, 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 l'exposition annuelle naturelle aux radiations.

Transports de matières radioactives

Les assemblages combustibles usés, livrés des années auparavant par 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 assem-

blages combustibles transportés avant le 1^{er} 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. Lors de l'année en revue, des transports de déchets moyennement et hautement radioactifs ont eu lieu depuis La Hague au dépôt intermédiaire central Zwiilag en Suisse (chap. 8.4).

Stockage en couches géologiques profondes

La procédure de sélection de sites en trois étapes (plan sectoriel «dépôts en couches géologiques profondes») se trouvait lors de l'exercice à l'étape 2 (chap. 9.1. et 9.2.). En 2014, l'IFSN a notamment terminé la vérification du niveau des connaissances géologiques pour l'étape 2. Elle avait adressé 41 requêtes à ce propos à la Nagra. Dans le cadre d'une large procédure de participation avec d'autres services, la vérification a pu être terminée en août 2014. Le feu vert a été donné à la Nagra pour remettre les documents concernant l'étape 2. L'IFSN a ensuite soumis les documents déposés par la Nagra à un examen sommaire.

Selon sa proposition publiée fin janvier 2015, la Nagra veut analyser plus en détail les domaines d'implantation de Jura Est et de Zurich Nord-Est comme domaines d'implantation potentiels pour dépôts en couches géologiques profondes. L'IFSN contrôlera désormais en détail cette sélection. Elle collaborera à cet effet avec le Groupe d'experts Stockage géologique en profondeur (GESGP) ainsi que d'autres experts de Suisse et de l'étranger.

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 dans les argiles à Opalinus se sont poursuivies en 2014 au laboratoire souterrain du Mont Terri (canton du Jura), dans le cadre d'une participation internationale.

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 et dans le développement de la réglementation de l'IFSN.

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 Zwiilag at Würenlingen together with the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI), the University of Basel and the Federal Institute of Technology in 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 they comply with the regulations and operate as required by law. The ENSI regulatory responsibilities also include the transport of radioactive materials from and to nuclear facilities and the preparations for a deep geological repository for nuclear waste. ENSI maintains its own emergency organisation, which is an integral part of the national emergency structure that would be activated in the event of a serious incident at a nuclear facility in Switzerland.

The legislative framework for the surveillance activities of ENSI consists of 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 nuclear safety, the training of personnel, emergency preparedness, the transport of radioactive materials and the deep geological repository. ENSI formulates and updates its own guidelines on the basis of this framework. 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 provides the public with information on

particular events and findings in nuclear facilities, e.g. as part of public events, specialist presentations and on its website www.ensi.ch.

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. ENSI also publishes its reports on its website.

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 of Beznau, Mühleberg, Gösgen and Leibstadt. Each chapter concludes with the ENSI safety rating for the plant in question for the year under review. Chapter 5 deals with the Central Interim Storage Facility (Zwiilag) at Würenlingen. Chapters 6 and 7 are devoted to 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 covers the transport of radioactive materials from and to Swiss nuclear facilities. Chapter 9 describes the preparatory 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 2014, all five nuclear power plants in Switzerland (Beznau Units 1 and 2, Mühleberg, Gösgen and Leibstadt) were operated safely and ENSI concluded that each had adhered to its approved operating conditions. Licensees complied with their statutory obligations to provide ENSI with reports and nuclear safety at all plants was rated as good.

In 2014, there were 38 reportable events in the nuclear power plants: 5 events at each of the two Beznau units, 11 at the Gösgen nuclear power plant, 9 at the Leibstadt nuclear power plant and 8 at the Mühleberg nuclear power plant. During the year under review, there was one reactor scram, which occurred on 5 July 2014 at the Leibstadt nuclear power plant (Chapter 4.2).

On the International Event Scale (INES), ranging from 0–7, 37 of the 38 reportable events in nuclear power plants in 2014 were rated as Level 0. One event – in the Leibstadt nuclear power plant – was rated as INES 1. In this incident, drill holes had penetrated the steel wall of the containment. The holes had been drilled to secure two hand-held fire extinguishers (Chapter 4.2).

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 inspections.

Central Interim Storage Facility Würenlingen

The Central Interim Storage Facility of Zwiilag at Würenlingen consists of several interim storage halls, a conditioning plant and a plasma plant (incineration/melting plant). At the end of 2014, the cask storage hall contained 42 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.

During the year, Zwiilag conducted one campaign to incinerate and melt radioactive waste. ENSI recorded no reportable events at Zwiilag during 2014.

ENSI concluded that Zwiilag had complied with its approved operating conditions in 2014.

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 2014, four nuclear facilities were in varying phases of decommissioning at PSI, i.e. the three

former research reactors SAPHIR, DIORIT and PROTEUS together with the experimental incineration plant that was taken out of service in 2002.

During 2014, there were no reportable events at the nuclear facilities of the Paul Scherrer Institute. In contrast, there was one reportable event at the research reactor of the University of Basel and one reportable event at the research reactor of 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 2014.

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 and 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 persons 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 generated in previous years are being reprocessed at the reprocessing facilities of 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 2014, consignments containing high-level and medium-level waste were transported from La Hague to the Central Interim Storage Facility (Zwiilag) in Würenlingen (Chapter 8.4).

Deep geological repository

The three-stage procedure for site selection (Sectoral Plan for Deep Geological Repositories) is currently in Stage 2 (Chapter 9.1. and 9.2.) During 2014, ENSI concluded its review of the geological

state of knowledge for Stage 2 for which Nagra had been requested to undertake 41 additional investigations. This review, which used a broadly-based participatory process involving further specialist agencies, was completed in August 2014 and Nagra was given the green light to submit the documents for Stage 2. ENSI subsequently carried out an initial assessment of the documents submitted by Nagra. According to a proposal published at the end of January 2015, Nagra will now conduct a detailed investigation of the Jura Ost and Zürich Nordost regions as potential locations for a deep geological repository. ENSI, in conjunction with EGT, the Expert Group on Nuclear Waste Disposal and other experts both within and outside Switzerland will conduct an in-depth review of the selection.

Some of the data required for the deep geological repository is obtained from research projects conducted at rock laboratories. ENSI has participated in these regulatory research projects for many years. Work continued in 2014 at the Mont Terri Rock Laboratory (Canton of Jura) on the international, geological research project looking at the Opalinus clay. In addition, ENSI participates in national and international working groups and relevant information platforms, allowing it to keep abreast of current and relevant 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 and the ongoing development of its regulations.



Kernkraftwerk Beznau.
Foto: KKB.

1. Kernkraftwerk Beznau

1.1 Überblick

Während der Block 1 des Kernkraftwerks Beznau (KKB) zweimal für Reparaturen abgefahren werden musste, war das Betriebsjahr 2014 im Block 2 durch einen weitgehend ungestörten Vollastbetrieb geprägt. Das ENSI stellt fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten wurden. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKB im Jahr 2014 in beiden Blöcken hinsichtlich Auslegungsvorgaben als gut, hinsichtlich Betriebsvorgaben als hoch, hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut sowie hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als gut. Das 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 zu-

sammengestellt. Figur 7a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage.

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

Im Block 1 dauerte der Revisionsstillstand 13 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.

Im Block 2 dauerte der Revisionsstillstand 14 Tage und diente primär dem Brennelementwechsel.

Im Berichtsjahr 2014 sind in beiden Blöcken keine Brennelementschäden aufgetreten.

Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurde eingehalten. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die

dadurch verursachten zusätzlichen Strahlendosen für die Bevölkerung sind verglichen mit der natürlichen Strahlenexposition unbedeutend.

Die Menge radioaktiver Rohabfälle entsprach dem aufgrund der durchgeführten Arbeiten zu erwartenden Umfang.

Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 96 Inspektionen durchgeführt. Wo erforderlich verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Drei Reaktoroperateure und drei Schichtchefs bestanden ihre Zulassungsprüfung. Vier Reaktoroperateur-Anwärter absolvierten die kerntechnische Grundlagenausbildung an der Reaktorschule des PSI erfolgreich.

1.2 Betriebsgeschehen

Die Blöcke KKB 1 und KKB 2 erreichten im Jahr 2014 eine Arbeitsausnutzung von 91,4 % bzw. 95,5 % und eine Zeitverfügbarkeit von 91,9 % bzw. 96,3 %. Die unproduktiven Anteile im Block 1 waren im Wesentlichen durch den Brennelementwechsel, die Reparatur einer Messleitung und die Instandsetzung der Rücklaufleitung des Primären Nebenkühlwassersystems bedingt, im Block 2 durch den Brennelementwechsel.

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 2014 auf 163,3 GWh.

Zur Durchführung von Funktionsprüfungen, Instandsetzungen und auf Anforderung des Lastverteilers erfolgten kurzzeitige Leistungsreduktionen. Für die Reparatur eines kleinen Dampfleckes an einer Messleitung einer Frischdampf-Durchflussmessung wurde der Block 1 am 4. Juni 2014 für 32 Stunden abgestellt.

Im **Block 1** ereigneten sich 2014 fünf meldepflichtige Vorkommnisse, die vom ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet wurden. Für die risikotechnische Beurteilung wird auf Kap. 10 verwiesen.

- Am 8. Februar 2014 fiel ein Kanal der Hauptkühlmittel-Temperaturmessung aus. Ursache war ein defekter Messumformer. Betroffen war die Temperaturmessung im heissen Teil eines der beiden Reaktorkühlkreisläufe. Sie ist vierkanalig aufgebaut. Die drei redundanten Messkanäle funktionierten während des Vorkommnisses normal und hätten im Anforderungsfall die

Reaktorschnellabschaltung sichergestellt. Der defekte Messwertumformer wurde ausgetauscht. Rund vier Stunden nach Ausfall des Messkanals stand die Hauptkühlmittel-Temperaturmessung wieder uneingeschränkt zur Verfügung.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde der Ausfall des Messumformers vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 bis 3 und die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität» und «Kühlung der Brennelemente».

- Am 2. April 2014 fiel beim Abkühlen der Anlage vor dem Brennelementwechsel eine der beiden Restwärmepumpen aus. Die Wärmeabfuhr wurde durch die redundante Pumpe sichergestellt. Die Vorgaben der Technischen Spezifikation waren erfüllt. Das Restwärmesystem kommt zum Einsatz, wenn die Nachwärmeabfuhr über die Dampferzeuger aufgrund tiefer Temperatur im Reaktorkühlkreislauf nicht zur Verfügung steht. Die ausgefallene Restwärmepumpe wurde durch eine Reservepumpe ersetzt. Dabei wurden auch die anschließenden Rohrabschnitte visuell geprüft. An der druckseitig angeflanschten Rückschlagklappe wurde eine Borsäureablagerung an der Gehäuseaussenseite festgestellt. Ursache war ein durchgehender Riss, der zum Austritt kleiner Mengen borsäurehaltigen Kühlmittels geführt hatte. Ausgangspunkt des Risses waren herstellungsbedingte Gussfehler in der Gehäusewand. Bedingt durch betriebliche Temperaturwechsel entwickelte sich im Laufe der Zeit ein wanddurchdringender Riss. Die Reparaturschweissung erfolgte am 7. April 2014 unter Überwachung des SVTI. Die anschließende Durchstrahlungsprüfung mit Röntgenstrahlen ergab eine Anzeige mit einer Abmessung von etwa 8,5 mm, was weitere Abklärungen erforderlich machte. Nach der Druckprüfung bei 125 % des Auslegungsdrucks wurde die Durchstrahlungsprüfung wiederholt. Die Anzeige blieb unverändert. Farbeindringprüfungen zeigten, dass die Anzeige keine Verbindung zu den Gehäusewänden hat. Eine Ultraschallprüfung lokalisierte die Anzeige in einem Abstand von 14 mm von der äusseren und 13,8 mm von der inneren Oberfläche. Das ENSI hat weitere Abklärungen zur genaueren Charakterisierung der Anzeige verlangt und dem befristeten Weiterbetrieb der Rückschlagklappe bis zur nächsten regulären Abstimmung der Anlage zugestimmt.



Insel Beznau mit KKW
und Schaltanlage.
Foto: KKB.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde der Riss im Gehäuse der Rückschlagklappe vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 3 und das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

- Am 26. Mai 2014 trat eine Störung im Regelkreis der Rückkühlung einer Kälteanlage zur Raumkühlung im Notstandsgebäude auf. Der im Betrieb stehende Kompressor wurde auslegungsgemäss abgeschaltet, der redundante Kompressor gestartet. Die Störung wurde innert weniger als einer Stunde behoben. Angesichts der kurzen Dauer beeinträchtigte die Störung die Verfügbarkeit der Notstandssysteme und den Anlagenbetrieb nicht. Das KKB hat sich aufgrund wiederholter derartiger Störungen in beiden Blöcken entschieden, die betroffene Steuerung zu vereinfachen. Das Verfahren zur Freigabe durch das ENSI ist im Gang. Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde der Ausfall der Kälteanlage im Notstandsgebäude vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 und mit schutzzielübergreifender Bedeutung.

- Am 11. Juni 2014 fiel einer von drei Kanälen zur Messung der Temperatur des Wassers, mit dem das Primäre Zwischenkühlsystem eine Reaktorhauptpumpe kühlt, dreimal kurz aus. Wahrscheinliche Ursache war eine sporadische Fehlfunktion eines Messumformers, der ausgetauscht wurde. Seither ist die Störung nicht wieder aufgetreten. Die beiden anderen Messkanäle funktionierten normal und stellten die Temperaturüberwachung sicher. Wenn die Temperatur des zur Kühlung der Lager dienenden Wassers einen Grenzwerts von 49 °C überschreitet, wird die Reaktorhauptpumpe nach 160 Sekunden vorsorglich abgeschaltet, um einen Lagerschaden zu vermeiden. 10 Sekunden vor der Pumpenabschaltung wird eine Reaktorschnellabschaltung ausgelöst.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde der Ausfall eines Temperaturmesskanals im Primären Zwischenkühlsystem vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 2 und 3 und das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

- Bei einem Rundgang wurde am 16. Juni 2014 an der Schweissnaht eines Entleerungsstutzens im Rücklauf des Primären Nebenkühlwassersystems

eine geringfügige Leckage festgestellt. Sie betrug maximal 1 Liter pro Stunde und verringerte sich nach der Montage einer Rohrschelle zur Sicherung des Entleerungsstutzens deutlich. Um die Reparatur der Leckage durchzuführen, wurde die Anlage vom Betreiber noch am selben Tag abgefahren. Der Reaktorkern wurde nach Freigabe durch das ENSI ins Brennelementlagerbecken ausgeladen, von wo aus die Nachwärmeabfuhr über das unabhängige Brennstofflager-Notkühlsystem erfolgte. Damit konnte das Primäre Nebenkühlwassersystem am 22. Juni 2014 ausser Betrieb genommen und entleert werden. Es zeigte sich ein von der Schweissnaht ausgehender Riss, der sich in das Material der im Jahr 2012 neu eingebauten Rücklaufleitung fortgesetzt hatte. Zur Behebung des Schadens wurde ein Stück der Rücklaufleitung ersetzt. Der Entleerungsstutzen wurde gegenüber dem im Jahr 2012 realisierten Zustand leicht versetzt und konstruktiv verkürzt, um das Schwingungsverhalten zu verbessern. Die Reparatur war am 24. Juni 2014 abgeschlossen. Nach einem erfolgreichen Drucktest der Rücklaufleitung wurden das Primäre Nebenkühlwassersystem am 25. Juni 2014 wieder in Betrieb genommen und der Reaktor beladen. Am 2. Juli 2014 wurde der Leistungsbetrieb wieder aufgenommen. Die Untersuchung des herausgetrennten Rohrleitungstückes ergab hochfrequente Schwingungen als Hauptursache

für die Rissbildung. Das Primäre Nebenkühlwassersystem führt die Wärme aus dem Primären Zwischenkühlsystem ab, versorgt die Containmentumlufkühler mit Kühlwasser und kühlt das Dampferzeuger-Abschlammungssystem. Bei tiefer Temperatur des Primärkreislaufs, wenn die Wärmeabfuhr über die Dampferzeuger aus physikalischen Gründen nicht möglich ist, wird die Wärme aus dem Reaktorkern über das Primäre Zwischenkühlsystem und das Primäre Nebenkühlwassersystem abgeführt. Dies gilt im Normalfall auch für die Kühlung des Brennelementlagerbeckens. Das Primäre Nebenkühlwassersystem stand bis zu seiner Freischaltung für die Reparatur uneingeschränkt zur Verfügung. Bei einem Ausfall wäre das Notstand-Kaltabfahren zur Anwendung gekommen mit Notstand-Brunnenwasser als vom Primären Nebenkühlwassersystem unabhängige Wärmesenke.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde die Leckage im Primären Nebenkühlwassersystem vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 3 und das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente». Die durch das zur Reparatur notwendige zusätzliche Abfahren der Anlage bedingte Risikoerhöhung wurde der Kategorie A (Abweichung) zugeordnet – als Aspekt des Zu-

*Blick flussabwärts
auf die beiden Blöcke
von Beznau.
Foto: KKB.*



stands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.

Im **Block 2** ereigneten sich 2014 fünf meldepflichtige Vorkommnisse, die vom ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet wurden.

- Am 22. April 2014 trat eine Störung im Regelkreis der Rückkühlung einer Kälteanlage zur Raumkühlung im Notstandsgebäude auf. Das Vorkommnis ist vergleichbar mit jenem vom 26. Mai 2014 im Block 1. Es kam zu einem kurzzeitigen Ausfall der Kälteanlage. Die Störung wurde innert weniger als einer Stunde behoben. Angesichts der kurzen Dauer beeinträchtigte sie weder die Verfügbarkeit der Notstandssysteme noch den Anlagenbetrieb. Das KKB hat sich aufgrund wiederholter derartiger Störungen in beiden Blöcken entschieden, die betroffene Steuerung zu vereinfachen. Das Verfahren zur Freigabe durch das ENSI war am Ende des Aufsichtsjahres noch im Gang.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde der Ausfall der Kälteanlage im Notstandsgebäude vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 und mit schutzzielübergreifender Bedeutung.

- Am 18. Juni 2014 zeigte das Anlageninformationssystem einen Anstieg der elektrischen Leistung einer Turbogruppe an. Ursache war ein defekter Messumformer zur Erfassung der elektrischen Wirkleistung. Es lag kein realer Leistungsanstieg vor. Beim Ausbau des Messumformers am 19. Juni 2014 wurden die Stromkreise nicht in der vorgeschriebenen Reihenfolge vom Umformer getrennt, was einen Lichtbogen und ein Aufgebot der Feuerwehr zur Folge hatte. Weiter schlossen die Heizdampfschieber der Zwischenüberhitzer der betroffenen Turbogruppe, was eine geringfügige Abnahme der elektrischen Leistung bewirkte. Der Lichtbogen erlosch von selbst, da er zur Verschweissung von zwei Klemmen führte. Der defekte Messumformer wurde ausgetauscht. Anschliessend wurden die Zwischenüberhitzer wieder in Betrieb genommen und die Anlage auf Vollast gefahren. Der Reaktorschutz stand während der Nichtverfügbarkeit des Messumformers uneingeschränkt zur Verfügung und hätte bei einer Anforderung eine Reaktorschnellabschaltung ausgelöst. Für den Fall des Ausfalls einer Turbogruppe lagen auf den

Ausfall des Messumformers abgestimmte, temporäre Anweisungen vor, um die Anlage sofort in einen sicheren Zustand zu bringen. Die Ursache für den Ausfall des Messumformers war ein defekter Elektrolytkondensator, der seine erwartete Lebensdauer nicht erreicht hatte. Sämtliche Kondensatoren dieses Typs werden bis 2015 ausgetauscht.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde der Messumformer-Defekt vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 und die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität» und «Kühlung der Brennelemente». Die Fehllhandlung beim Austausch des Messumformers, welche den Lichtbogen verursachte, wurde der Kategorie A (Abweichung) zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit ebenen- oder barrierenübergreifender Bedeutung sowie mit schutzzielübergreifender Bedeutung.

- Im Hinblick auf die Reinigung der Reaktorgrube wurde am 18. August 2014 das Wasserniveau in der Reaktorgrube und im Brennelement-Transferbecken abgesenkt. Diese Absenkung findet am Ende jeder Revision oder jedes Brennelementwechsels statt. Der Weg von Brennelementen vom Brennelementlagerbecken zum Reaktor und zurück führt durch das Transferbecken. Am 18. August 2014 stellte der Strahlenschutz am Geländer des Transferbeckens einen Anstieg der Dosisleistung auf 0,5 mSv pro Stunde fest. Der betroffene Bereich wurde vorübergehend abgesperrt. Die erhöhte Dosisleistung war darauf zurückzuführen, dass nach dem Absenken des Wasserniveaus ein Behälter mit aktivierten Materialien nicht mehr vollständig mit Wasser überdeckt war. Nach dem Wiederauffüllen des Transferbeckens ging die Dosisleistung auf den Normalwert zurück. Das Vorkommnis hatte keine nennenswerten Personendosen zur Folge. Zum Vorkommnis geführt hatte eine Verkettung mehrerer Umstände. Infolge von Verzögerungen im Projekt AUTANOVE wurde der Brennelementwechsel im Block 2 verschoben. Der durch den verlängerten Betriebszyklus bedingte höhere Kernabbrand machte den Austausch von 20 statt wie ursprünglich geplant 16 Brennelementen erforderlich. Um im folgenden Betriebszyklus jederzeit alle 121 Brennelemente des Reaktorkerns ins Brennelementlagerbecken

transferieren zu können, mussten drei zusätzliche Lagerplätze zur Verfügung gestellt werden. Diese Anforderung ist in jedem Betriebszyklus zu erfüllen, beispielsweise um Instandhaltungsarbeiten ausführen zu können, die ein Entladen des Reaktors erfordern. Auf einem dieser drei Lagerplätze befand sich der Behälter, der am 18. August 2014 zur erhöhten Dosisleistung führte. Fälschlicherweise war er vor der Absenkung des Wasserniveaus im Transferbecken nicht wieder zurück ins Lagerbecken gebracht worden. Planungsfehler und ungenügende Abstimmung zwischen den beteiligten Organisationseinheiten hatten dazu geführt. Weiter fehlten schriftliche Vorgaben über die zulässige Belegung des Transferbeckens. Das ENSI hat vom KKB gefordert, solche Vorgaben vor dem nächsten Absenken des Wasserniveaus im Transferbecken zu erstellen.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde die erhöhte Ortsdosisleistung am Geländer des Brennelement-Transferbeckens vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition». Die Planung der Arbeiten wurde der Kategorie A (Abweichung) zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition».

- Am 1. September 2014 wurde an der in Betrieb stehenden Ladepumpe eine Leckage festgestellt. Ursache war eine an einer Verschraubung gebrochene Entlastungsleitung. Die Ladepumpen fördern Borwasser in den Reaktorkühlkreislauf und liefern Sperrwasser für die Reaktorhauptpumpen. Die betroffene Leitung dient der Entlastung des über dem Kolben der Ladepumpe liegenden Volumens vor der letzten Stufe der Kolbenstangendichtung. Damit kann die Einsatzdauer dieser Stufe verlängert werden. Die Entlastung ist für die auslegungsgemäße Funktion der Ladepumpen nicht erforderlich und hat daher keine sicherheitstechnische Bedeutung. Sie war 1996 zur Optimierung des Pumpenbetriebs nachgerüstet worden. Für den Ersatz des gebrochenen Leitungsstücks wurde die Ladepumpe freigeschaltet. Wie von der Technischen Spezifikation verlangt, waren jederzeit zwei Ladepumpen betriebsbereit. Das

ENSI hat eine vertiefte Abklärung der Ursachen des Leitungsbruchs verlangt. Die Untersuchungen hierzu waren am Ende des Aufsichtsjahres noch im Gang.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde der Bruch der Entlastungsleitung einer Ladepumpe vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 bis 3 und die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität», «Kühlung der Brennelemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Ein Riss an einer Entlüftungsarmatur der Kraftstoff-Rückführleitung führte am 3. November 2014 bei einem Probelauf des Notstanddiesels zu einer geringfügigen Kraftstoffleckage. Die Kraftstoff-Rückführleitung führt vom Motor nicht benötigten Kraftstoff in den Betriebstank zurück. Sie ist für das Funktionieren des Notstromdiesels nicht erforderlich. Austretender Kraftstoff stellt jedoch eine vermeidbare Brandlast dar. Der Notstanddiesel wurde abgestellt und für die Reparatur freigeschaltet. Die in der Technischen Spezifikation festgelegte zulässige Reparaturzeit wurde eingehalten. Die Schadensanalyse war am Ende des Aufsichtsjahres noch im Gang.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde der Riss an einer Entlüftungsarmatur der Kraftstoff-Rückführleitung eines Notstanddiesels vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 und mit schutzzielübergreifender Bedeutung. Die durch die zur Reparatur notwendige Freischaltung des Notstanddiesels bedingte Risikoerhöhung wurde der Kategorie A (Abweichung) zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebene- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.



Kommandoraum.
Foto: KKB.

1.3 Anlagentechnik

1.3.1 Revisionsarbeiten

Im Hinblick auf die im Rahmen des Projekts AUTANOVE für 2015 geplanten langen Revisionsstillstände wurden 2014 in beiden Blöcken Kurzstillstände durchgeführt, die primär dem Brennelementwechsel dienen. Das ENSI hat die damit verbundenen temporären Abweichungen von der Technischen Spezifikation im Bereich der Prüfintervalle im Block 1 freigegeben.

Der **Block 1** wurde vom 1. bis zum 14. April 2014 für den Brennelementwechsel abgestellt. Weitere Arbeiten waren System- und Komponententests sowie Funktionskontrollen. Die Dichtheit verschiedener Containment-Durchdringungen wurde geprüft. Die Bilanzierung aller Prüfungen zeigte, dass die Vorgabe der Technischen Spezifikation eingehalten wurde. Die visuellen Prüfungen der Lippendichtschweißnähte der Regelstab-Antriebstangengehäuse ergaben keine bewertungspflichtigen Anzeigen. Die visuelle Prüfung der RDB-Aussen- und die Funktionsprüfung der Dampferzeugersicherheitsventile ergaben keine Befunde.

Der **Block 2** wurde vom 11. bis zum 25. August 2014 für den Brennelementwechsel abgestellt. Weitere Arbeiten waren System- und Komponententests sowie Funktionskontrollen. Die Dichtheit verschiedener Containment-Durchdringungen wurde geprüft. Die Bilanzierung aller Prüfungen zeigte, dass die Vorgabe der Technischen Spezifika-

tion eingehalten wurde. Zwei Dichtungen der Not-schleuse des Primärcontainments wurden ersetzt, nachdem eine davon die Prüfanforderungen nicht mehr erfüllt hatte. Eine visuelle Kontrolle der Stahl-druckschale auf Beschädigungen, insbesondere Bohrlöcher, ergab keine Befunde. Die visuellen Prüfungen der Lippendichtschweißnähte der Regelstab-Antriebstangengehäuse ergaben keine bewertungspflichtigen Anzeigen. Die visuelle Prüfung der RDB-Aussen- und die Funktionsprüfung der Dampferzeugersicherheitsventile ergaben keine Befunde. Nachdem der Sperrwasserrücklauf einer Reaktorhauptpumpe im Laufe des Betriebszyklus angestiegen war, wurde die betroffene Dichtung inspiziert und ein leicht verkanteter Dichtungsring als Ursache gefunden. Der Dichtungsring wurde in die korrekte Position gebracht. Die bereits bekannten registrierpflichtigen Anzeigen im Bereich dieser Dichtung zeigten gegenüber der letzten Prüfung im Jahr 2012 keine Veränderungen.

1.3.2 Anlageänderungen

Im Hinblick auf den Ersatz des Anlageinformationssystems im Jahr 2015 wurde die Betriebsmannschaft am Full-Scope-Simulator geschult. Das neue, am Simulator bereits implementierte Anlageinformationssystem erfasst eine grosse Anzahl zusätzlicher Signale, insbesondere auch aus der neuen Notstromversorgung.

In beiden Blöcken wurden neue Kaminmonitore zur Überwachung der Abgaben radioaktiver Aerosole installiert.

Projekte AUTANOVE, HERA und NABELA

Im Rahmen des Projekts AUTANOVE wird eine seismisch qualifizierte Notstromversorgung innerhalb des KKB-Areals erstellt, die unabhängig vom bisher eingesetzten Wasserkraftwerk ist. Im Jahr 2014 wurde die Installation der neuen Notstromversorgungsanlagen weitgehend abgeschlossen. In zwei neu erstellten Gebäuden befinden sich insgesamt vier Dieselgeneratoren. Diese sind jeweils räumlich getrennt und enthalten je einen Diesel pro Kraftwerksblock. Die Inbetriebnahme der Notstromversorgung erfolgt in mehreren Schritten. Zuerst wird die Funktion der neuen Notstromversorgung in den Dieselgebäuden geprüft. Anschliessend werden die Notstromversorgungsanlagen in die bestehende Anlage integriert. Danach wird das Zusammenspiel der neuen Notstromversorgung mit den bestehenden Einrichtungen getestet. Mit dem ersten Inbetriebnahmeschritt wurde für den Block 1 im Jahr 2014 begonnen.

Parallel zum Abschluss des Projekts AUTANOVE ist in den Revisionsabstellungen 2015 der Austausch der RDB-Deckel geplant (Projekt HERA).

Im Projekt NABELA wird die Zuverlässigkeit der Kühlung und Überwachung der Brennelementlagerbecken in mehreren Teilvorhaben verbessert. Im Berichtsjahr wurde das Teilvorhaben 2 weitgehend abgeschlossen, indem redundante Not-Nachspeise-

leitungen zu den Lagerbecken verlegt wurden, die ein Nachspeisen von Kühlwasser in die Becken erlauben, ohne den Brennelement-Lagerbereich betreten zu müssen.

1.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

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

Während des Revisionsstillstands wurden im Block 1 insgesamt 20 abgebrannte Brennelemente durch neue ersetzt. Diese enthalten als Brennstoff wiederaufgearbeitetes Uran (WAU). Der Reaktorkern des Blocks 1 enthält aktuell im 43. Betriebszyklus 121 WAU-Brennelemente vom Typ FOCUS.

Auch im Block 2 wurden 20 abgebrannte Brennelemente durch neue ersetzt. Vier Brennelemente vom Typ AGORA 4H sind erstmalig seit dem 40. Betriebszyklus im Block 2 im Einsatz. Der Reaktorkern enthält im 41. 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 beladen. Die vom ENSI freigegebenen Kernbeladungen erfüllten entsprechend der Dokumentation alle Anforderungen. In beiden Blöcken wurden jeweils alle 25 Steuerelemente durch neue Steuerelemente gleicher Bauart ersetzt. Alle Steuerelemente wurden im Rahmen einer Inspektion einer Wirbelstromprüfung unterzogen. Das ENSI hat sich anhand der Dokumentation von der Unbedenklichkeit des Einsatzes der neuen Steuerelemente überzeugt.

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.



Maschinenraum. Foto: KKB.

1.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2014 wurden im KKB folgende Kollektivdosen ermittelt:

Kollektivdosis in Pers.-mSv	KKB 1	KKB 2	KKB 1 und 2
Brennelementwechsel	113	45	158
Leistungsbetrieb	39	40	79
Zwischenabstellungen	54		54
Gesamtes Jahr	206	85	291

Im Kalenderjahr 2014 wurde in den beiden Blöcken des KKB eine Kollektivdosis von 291 Pers.-mSv verzeichnet. Die höchste im KKB registrierte Individualdosis betrug 5,2 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 13 Tagen konnte eingehalten werden. Die Kollektivdosis betrug 113 Pers.-mSv und lag damit leicht über der Planungs-dosis von 106 Pers.-mSv.

Zwei Zwischenabstellungen des Blocks 1 waren für die Reparaturen einer Dampfleckage an der Impulsleitung der Frischdampf-Durchflussmessung und einer Leckage im Primären Nebenkühlwassersystem notwendig. Dabei wurden Kollektivdosen von zusammen 54 Pers.-mSv akkumuliert.

Im Berichtsjahr wurde im Block 2 ebenfalls ein Brennelementwechsel durchgeführt. Das Abfahren der Anlage verlief ohne Hinweise auf Brennelementschäden. Der Stillstand dauerte 14 Tage und führte zu einer Kollektivdosis von 45 Pers.-mSv. Die Planungs-dosis von 62 Pers.-mSv wurde damit deutlich unterschritten. Die tiefere Kollektivdosis wurde mit Zutrittsbeschränkungen zur Kote 323 m, mit einem reibungslosen Ablauf der Arbeiten, mit guten radiologischen Werten in der Reaktorgrube sowie mit der Strahlenschutzbetreuung des Dekontaminationspersonals erreicht.

Das ENSI stellt fest, dass das Eigenpersonal des KKB-Strahlenschutzes mit wertvoller Unterstützung durch Strahlenschutzfachkräfte von Fremdfirmen zielgerichtet und professionell arbeitet. Die in früheren Aufsichtsberichten des ENSI angespro-

chene Personalfuktuation in der Leitung des operativen Strahlenschutzes war auch im Berichtsjahr 2014 ein Thema. Dem KKB ist dieses Problem bewusst und es strebt 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 15 % des Jahresgrenzwerts. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern zeigten Übereinstimmung mit den vom KKB gemeldeten Analyseergebnissen. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnete das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB unter ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen weniger als 0,001 mSv für Erwachsene, rund 0,0012 mSv für Zehnjährige und rund 0,0018 mSv für Kleinkinder und lagen deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv pro Jahr. 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, 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 2014 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 17 m³ leicht 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 werden in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten in den Nebenanlagegebäuden und im ZWIBEZ aufbewahrt. Ihr Bestand liegt mit 56 m³ im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brenn- und schmelzbare Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der ZwiLag bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren für die Betriebsabfälle kommen im KKB die Einbindung von Harzen in Polystyrol sowie die Zementierung von Schlämmen zum Einsatz. Für alle Verfahren liegen die erforderlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden sowohl Harze als auch Schlämme konditioniert.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in das Rückstandslager und in das SAA-Lager des ZWIBEZ eingelagert. Das KKB nutzt zudem die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Bei der jährlichen Inspektion des Lagergutes wurden keine meldepflichtigen Befunde 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 153 t Material freigemessen.

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

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.

Am 5. März 2014 musste das KKB am frühen Morgen wegen einer widerrechtlichen Aktion von Greenpeace-Aktivisten auf dem Kraftwerksgeleände den Notfall «Besetzung» erklären. Für dessen Bewältigung stand die Notfallorganisation im Einsatz. Aufgrund der langen Dauer und des lange Zeit nicht absehbaren Endes wurde der Einsatz der Notfallorgane für weitere 24 Stunden geplant und die Funktionen entsprechend für den Langzeiteinsatz besetzt. Der Notfall konnte erst am Abend, bereits in Verantwortung der Langzeitorganisation des Notfallstabes, für beendet erklärt werden. Das ENSI war mit einer Verbindungsperson im Notfallstab des KKB vor Ort. Das ENSI kam zum Schluss, dass das KKB im Rahmen dieses Notfalleinsatzes auch die für Notfallübungen geltenden Ziele gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht hat. Das KKB verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

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

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

1.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr hat sich der Personalbestand des KKB auf 529 Personen reduziert, welche 520 Vollzeitstellen besetzen (Ende 2013: 544). Dies ist unter anderem auf den Abschluss von Doppelbesetzungen für den Know-how-Transfer von bisherigen auf neue Mitarbeitende zurückzuführen. Fünf Auszubildende des KKL, welche im KKB tätig sind, wurden im Personalbestand des KKB nicht eingerechnet. Das KKB hat im Jahr 2014 keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen.

Das Managementsystem des KKB ist gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2008 zertifiziert. Das ENSI führte eine Inspektion der Regelungen im Managementsystem zu Beschaffung und Kundenkompe-

tenz durch. Die Kompetenz eines Kernanlagenbetreibers, die Qualität der Leistungen von Lieferanten – einschliesslich des Anlagenherstellers – zu beurteilen, ist eine Voraussetzung, um die gesetzliche Verantwortung für die Sicherheit der von ihm betriebenen Anlage wahrnehmen zu können. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

Im Berichtsjahr wurden die Leitung der Abteilung Elektrotechnik und die Leitung des Stabs sowie die stellvertretende Kraftwerksleitung neu besetzt.

Im Berichtsjahr bestanden vier Reaktoroperateur-Anwärter des KKB die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der Reaktorschule des PSI. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Die Ausbildung vermittelt die erforderlichen theoretischen Kenntnisse auf den Gebieten der thermischen Kraftwerkstechnik, Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz. Drei Reaktoroperateure sowie drei Schichtchefs des KKB legten im Berichtsjahr ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator und besteht in einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt. Im Rahmen einer Zulassungsprüfung stellte das ENSI fest, dass in den vom KKB eingereichten Unterlagen die gemäss Richtlinie ENSI-B10 geforderten Nachweise betreffend der Aus- und Weiterbildung im Kernkraftwerk fehlten. Diesen Sachverhalt hat das ENSI im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung für beide Blöcke des KKB.

Das ENSI hat eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2013 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2014 der Abteilung Betrieb durchgeführt. Gegenstand waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator und die allgemeine Wiederholungsschulung. Ferner wurden die Ausbildung des Personals der Abteilung Elektrotechnik auf Einhaltung der Vorgaben der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanla-

gen (VAPK) und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Die Ausbildungsprogramme des KKB erfüllen in den inspizierten Bereichen die Anforderungen.

1.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Ende 2013 hatte das KKB entsprechend der vom ENSI im Jahr 2011 auf Antrag gewährten Fristerstreckung den zweiten Teil der PSÜ-Dokumentation eingereicht. Die Fristerstreckung betraf Teile der PSA und Störfallanalysen. Das ENSI unterzog die eingereichten Dokumente einer Grobprüfung und forderte, wo notwendig, Ergänzungen. Die vertiefte Prüfung der PSÜ-Unterlagen war im Berichtsjahr noch im Gang.

1.9 Sicherheitsbewertung

1.9.1 Block 1

Im Jahr 2014 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Erläuterungen zur 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	
	Auslegungsvorgabe	Betriebsvorgabe	Zustand und Vorhalten der Anlage	Zustand und Vorhalten von Mensch & Organisation
Ziele				
Ebene 1		N	A	N
Ebene 2		N	A	N
Ebene 3		N	A	N
Ebene 4			N	N
Ebene 5			N	N
Integrität der Bauelemente			N	
Integrität des Primärkreises			N	N
Integrität des Containments			N	N
ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung			A	A

Sicherheitsbewertung 2014 KKB 1:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

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

Sicherheitsbewertung 2014 KKB 1: Schutzziel-Perspektive

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

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen richten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts. Sämtliche den Kategorien A (Abweichung) und höher zugeordneten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 1.1 bis 1.7 dargestellt.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

Auslegungs-Vorgaben

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

Betriebs-Vorgaben

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

Zustand und Verhalten der Anlage

Das ENSI beurteilt

- den Ausfall eines Messumformers der Hauptkühlmittel-Temperaturmessung,
- den Riss im Gehäuse einer Rückschlagklappe im Restwärmesystem,

- den Ausfall der Kälteanlage im Notstandsgebäude,
 - den Ausfall eines Temperaturmesskanals im Primären Zwischenkühlsystem,
 - die Leckage im Primären Nebenkühlwassersystem und
 - die Risikoerhöhung durch das zur Reparatur des Primären Nebenkühlwassersystems notwendige zusätzliche Abfahren der Anlage
- als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Das ENSI beurteilt die im Rahmen einer Zulassungsprüfung festgestellte Nichteinreichung von Aus- und Weiterbildungsnachweisen für Prüfungskandidaten als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als gut.

1.9.2 Block 2

Im Jahr 2014 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Erläuterungen zur 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	A
Ebene 2		N	A	N
Ebene 3		N	A	N
Ebene 4			N	N
Ebene 5			N	N
Integrität der Brennelemente			N	
Integrität des Primärkreislaufs			N	N
Integrität des Containments			N	
ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung			A	A

Sicherheitsbewertung 2014 KKB 2:

Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

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

Sicherheitsbewertung 2014 KKB 2: Schutzziel-Perspektive

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

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen richten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts. Sämtliche den Kategorien A (Abweichung) und höher zugeordneten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 1.1 bis 1.7 dargestellt.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

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

- den Ausfall der Kälteanlage im Notstandsgebäude,
- den Defekt eines Messumformers zur Erfassung der elektrischen Wirkleistung,
- die erhöhte Ortsdosisleistung am Geländer des Brennelement-Transferbeckens,
- den Bruch der Entlastungsleitung einer Ladepumpe,
- den Riss an einer Entlüftungsarmatur der Kraftstoff-Rückführung eines Notstanddiesels und
- die zur Reparatur notwendige Freischaltung des Notstanddiesels

als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Das ENSI beurteilt die Fehlhandlung beim Austausch eines Messumformers, welche einen Lichtbogen verursachte, sowie die bereits beim Block 1 genannte im Rahmen einer Zulassungsprüfung festgestellte Nichteinreichung von Aus- und Weiterbildungsnachweisen für Prüfungskandidaten als Abweichungen 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.



*Kernkraftwerk
Mühleberg.
Foto: KKM.*

2. Kernkraftwerk Mühleberg

2.1 Überblick

Im Betriebsjahr 2014 waren im Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) neben dem geplanten Revisionsstillstand mit Brennelementwechsel zwei störungsbedingte Leistungsreduktionen zu verzeichnen. Das ENSI stellt fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen im Betriebsjahr 2014 immer eingehalten wurden. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKM im Jahr 2014 hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben, Betriebs-Vorgaben, 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 acht meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, welche das ENSI auf der internationalen Ereignisskala INES alle der Stufe 0 zuordnete.

Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 89 Inspektionen durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung. Während des Revisionsstillstands vom 10. August bis 4. September 2014 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.

Die Menge 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 ein Pikettingenieur, zwei Schichtchefs und vier Reaktoroperateur-Anwärter ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Fünf Reaktoroperateur-Anwärter absolvierten die kerntechnische Grundlagenausbildung an der Reaktorschule des PSI erfolgreich.

Vom 8. bis 25. Oktober 2012 hatte ein Expertenteam der IAEA (OSART) das KKM besucht und die betriebliche Sicherheit in den verschiedenen Fachbereichen untersucht. Das Team hatte 10 Empfehlungen und 11 Anregungen abgegeben, wie die betriebliche Sicherheit weiter verbessert werden könnte und auch 10 beispielhafte Praktiken identifiziert. Vom 16. bis 20. Juni 2014 fand eine OSART-Follow-up-Mission zur Überprüfung der eingeleiteten Massnahmen statt. Dabei kam das Expertenteam der IAEA zum Schluss, dass von den 21 identifizierten Verbesserungsmöglichkeiten (issues) elf gelöst (resolved) und zehn auf gutem Weg zur Lösung (satisfactory progress) sind.

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, lag bezüglich der Planung von Nachrüstmassnahmen eine neue Situation vor. Das Nachrüstprogramm, welches das KKM ausgearbeitet hatte, wird nicht umgesetzt. Im Hinblick auf den Langzeitbetrieb des KKM waren zahlreiche Nachrüstungen geplant. Anstelle dieser Projekte sind andere Massnahmen zu realisieren, um einen ausreichenden Sicherheitsgewinn zu erreichen.

Das KKM hat dazu Ende Juni 2014 Konzeptvorschläge für den Weiterbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg bis 2019 eingereicht. Die Stellungnahme des ENSI zu den eingereichten Unterlagen stand Ende des Berichtsjahres kurz vor dem Abschluss. Sie wurde im Januar 2015 auf der ENSI-Website publiziert.

Am 14. November 2013 hatte das ENSI im Hinblick auf die endgültige Ausserbetriebnahme des KKM im Jahr 2019 Massnahmen zur Reduktion der Gefährdung aufgrund von erdbebeninduzierter Überflutung verfügt. Diese waren bis zum 31. Dezem-

ber 2014 umzusetzen. Aufgrund dieser Forderung wurde die Gleitsicherheit der Stauanlage des Wohlensees durch Verstärkung des Untergrunds von Maschinenhaus und Wehr erhöht. Die relativ dünnen, weichen Tonstein- und Mergel-Schichten wurden mit den darunterliegenden Sandstein- und Mergel-Schichten verbunden. Dazu wurden unterhalb der Stauanlage 72 etwa 18 m lange Pfähle mit einem Durchmesser von 1,5 m gesetzt.

Zusätzlich erfolgte eine gezielte Verstärkung beanspruchter bestehender Bauteile mit Betonplatten, Verbundankern und Bewehrungen. Die Gesamtstabilität der Stauanlage wurde wesentlich verbessert. Dies führt zu einer deutlichen Erhöhung der Sicherheit des KKM (vgl. Kap. 10.1.1).

2.2 Betriebsgeschehen

Das Kernkraftwerk Mühleberg erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 92,3 % und eine Zeitverfügbarkeit von 93,0 %. Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war durch den Revisionsstillstand bedingt. Die ausgekoppelte thermische Energie für die Heizung der Wohnsiedlung «Steinriesel» belief sich auf 1,4 GWh.

Zur Durchführung von Wiederholungsprüfungen und Instandhaltungsarbeiten erfolgten geplante Leistungsabsenkungen. Im August 2014 führte der Ausfall einer Umwälzpumpe aufgrund nicht optimaler Überwachungsparameter zweimal zu einer kurzzeitigen Leistungsreduktion. Abgesehen von kurzen geplanten Unterbrüchen für Instandhaltungsarbeiten und betriebliche Wartungsarbeiten, standen alle Sicherheitssysteme uneingeschränkt zur Verfügung.

Besondere betriebliche Ereignisse waren:

- Am 4. März 2014 fand ein Testbetrieb eines SUSAN-Diesels bei erhöhter Kühlwassereintrittstemperatur und stark reduzierter Kühlwassermenge statt. Auch unter diesen ungünstigen Bedingungen blieben die Kühlwasser- und die Schmieröltemperatur des Dieselmotors im Sollbereich.
- Zur Erfüllung einer Empfehlung des Operational Safety Review Team (OSART) erfolgte am 30. September 2014 um 06:03 Uhr eine Probealarmierung des Feuerwehripiketts durch Auslösen eines Brandmelders im Betriebsgebäude. Die vorgeschriebene Interventionszeit von 15 Minuten konnte eingehalten werden.



Blick in den Kommandoraum des KKM.
Foto: KKM.

Im Berichtsjahr waren acht meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, welche das ENSI alle auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zuordnete. Für die risikotechnische Beurteilung wird auf Kapitel 10 verwiesen.

- Am 20. März 2014 wurde beim Ausladen von frisch angelieferten Brennelementen festgestellt, dass bei zwei Brennelementen, beim Einladen oder während des Transportes, einzelne Beschleunigungssensoren der Transportüberwachung ausgelöst hatten. Zwei weitere Brennelemente wurden zudem beim Ausladen der Brennelementkisten aus dem Transportcontainer beschädigt. Die betroffenen Brennelemente wurden zur Reparatur an den Hersteller zurückgeschickt.
- Am 10. März 2014 waren im KKM 68 neue Brennelemente angeliefert worden. Bei der Eingangskontrolle wurden an mehreren Transportbehältern Beschleunigungssensoren gefunden, die eine zu hohe Beschleunigung anzeigten. Diese Sensoren zeigen an, ob in der Vergangenheit der Grenzwert der zulässigen Beschleunigung überschritten worden war, jedoch nicht wann und wo diese Überschreitung erfolgte. Bei den anschliessenden vertieften Kontrollen wurden vier Brennelemente mit beschädigten Abstandshaltern gefunden. Die Abstandshalter fixieren die einzelnen Brennstäbe auf ihren Plätzen in den Brennelementen. Bei zwei Brennelementen trat die zu hohe Beschleunigung zu einem nicht ermittelbaren Zeitpunkt während des

Transports auf. Die anderen betroffenen Brennelemente befanden sich in einem Behälter, der während des Aufrichtens zur Eingangskontrolle abrutschte. Das Abrutschen wurde möglich, da der als Hilfsmittel für das Aufrichten verwendete Kippbock falsch positioniert worden war. Zur Verhinderung gleichartiger Vorkommnisse werden am Kippbock Markierungen angebracht und konstruktive Verbesserungen vorgenommen. Die massgebliche Arbeitsvorschrift wird präzisiert und das Personal geschult.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurden die Schäden an den unbestrahlten Brennelementen vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und die Schutzziele «Kühlung der Brennelemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Am 10. April 2014 hatte das KKM von seinem Brennstofflieferanten einen Bericht über den für die Notkühlsysteme auslegungsbestimmenden Kühlmittelverluststörfall erhalten. Die am 11. April 2014 vom KKM durchgeführte Analyse des Berichts zeigte, dass die in der Kernüberwachung des Zyklus 41 verwendeten Betriebsgrenzen MAPLHGR nicht konservativ waren. Zweck der Betriebsgrenze MAPLHGR ist die orts- und abbrandabhängige Begrenzung der Wärmeleistung der Brennstäbe, um im Fall eines Kühlmittelverluststörfalls Temperatur und Oxidation der



Maschinenhaus mit Turbinen und Generatoren. Foto: KKM.

Hüllrohre zu begrenzen. Dabei wird die Wärmeleistung über 15 cm hohe Abschnitte der Brennelemente gemittelt. Die zu hohen Betriebsgrenzen waren auf mehrere Fehler im Programmsystem zur Analyse des Kühlmittelverluststörfalles zurückzuführen. Die fehlerhaften Betriebsgrenzen wurden korrigiert. Eine rückblickende Analyse des aktuellen Zyklus und der beiden vorhergegangenen Zyklen ergab, dass auch der korrigierte Grenzwert während des stationären Leistungsbetriebs stets eingehalten worden war. Einzig während Leistungsänderungen kam es zu einzelnen geringfügigen Überschreitungen, wobei die Betriebsgrenze für die lineare Stabileistung der einzelnen Brennstäbe immer eingehalten wurde.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde die nicht ausreichend konservative Betriebsgrenze MAPLHGR für den Reaktor Kern vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt der Betriebsvorgaben mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 2 und 3 sowie die Schutzziele «Kühlung der Brennelemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Am 24. Juni 2014 zeigte eine erneut durchgeführte Analyse des Störfalles «Brand an einer Turbine», dass die in der Kernüberwachung des Zyklus 41 verwendete Betriebsgrenze OLMCPR nicht konservativ war. Ursache war ein Analysefehler beim Brennstofflieferanten. 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 Wärme-

übergang vom Hüllrohr ans Kühlmittel. Als Sofortmassnahme hat das KKM kompensatorisch den thermischen Grenzwert zur Überwachung der kritischen Leistung um 0,03 reduziert. Diese Verminderung war äquivalent zu einer Erhöhung der Betriebsgrenze OLMCPR auf den sich bei korrekter Durchführung der Störfallanalyse ergebenden Wert. Die nachfolgende Untersuchung des Betriebsverlaufs ergab, dass auch der um 0,03 verminderte thermische Grenzwert nie überschritten worden war.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde die nicht ausreichend konservative Betriebsgrenze OLMCPR für den Reaktor Kern vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt der Betriebsvorgaben mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 2 und 3 sowie die Schutzziele «Kühlung der Brennelemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Am 4. und 9. August 2014 kam es zweimal zu einer automatischen Abschaltung der Reaktor umwälzpumpe B. Die Anlage reagierte auslegungsgemäss mit einer Leistungsreduktion durch Runback der zweiten Umwälzpumpe. Die Betriebsmannschaft löste anschliessend den in der anzuwendenden Betriebsvorschrift vorgesehenen Teilschram aus. Beide Ausfälle wurden durch die Überdrehzahlüberwachung ausgelöst, obwohl die Drehzahl im erlaubten Bereich lag. Die Untersuchungen ergaben, dass die Abschaltungen im Frequenzrichter des Antriebssystems ausgelöst wurden. Am Ende des Betriebszyklus werden die Umwälzpumpen jeweils mit hoher Drehzahl betrieben. Der Betriebspunkt liegt dann im implementierten Motorenmodell in einem Randbereich mit leicht verminderter Genauigkeit, was eine ungenauere Berechnung der Motorendrehzahl bedeutet. Da die berechnete Drehzahl über dem im Frequenzrichter gesetzten Grenzwert lag, kam es zur Pumpenabschaltung. Als Gegenmassnahme wurde die Drehzahlsollwertbegrenzung auf einen leicht tieferen Wert eingestellt, sodass diese nun in einem Bereich mit höherer Genauigkeit liegt. Zusätzlich wurden die Stromwandler, welche für die Berechnung der Motorendrehzahl Daten liefern, präventiv ausgewechselt.

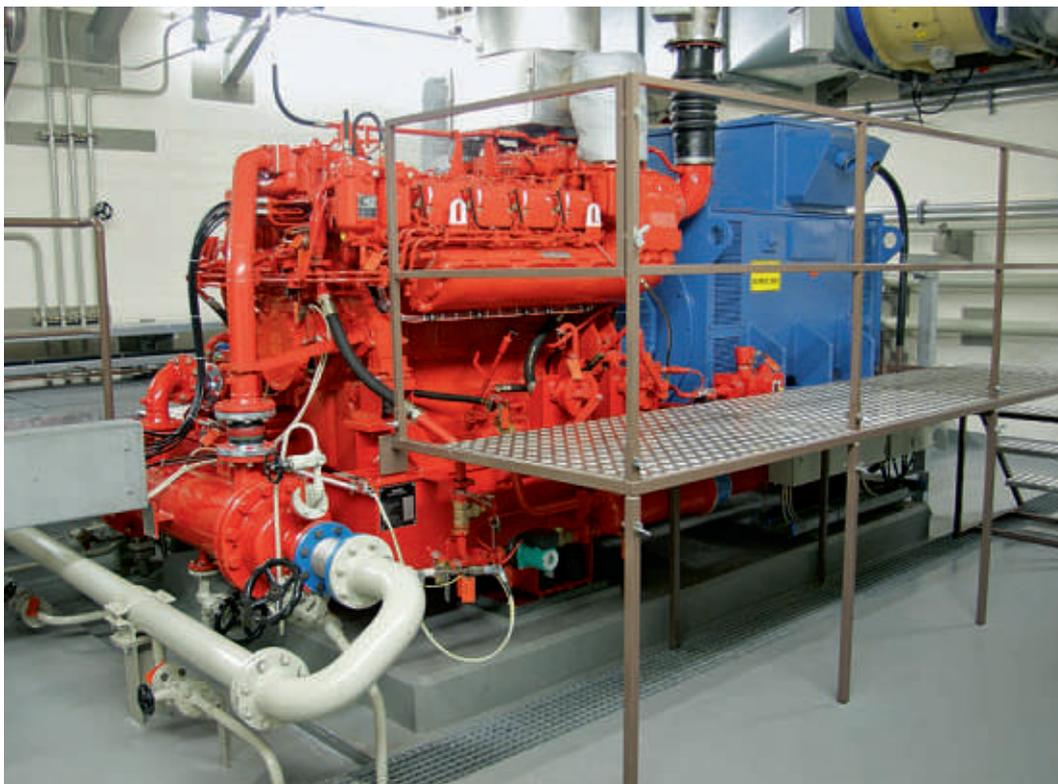
Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde bei beiden Vorkommnissen jeweils die Einstellung der Drehzahlsollwertbegrenzung vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 sowie die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität» und «Kühlung der Brennelemente».

- Am 13. August 2014 wurde bei den vor jedem Brennelementwechsel durchzuführenden Kritikalitätstests ein ungewolltes Fahren eines Steuerstabes festgestellt. Dieser Steuerstab sollte von Position 12 auf Position 18 ausgefahren werden. Da der Steuerstab nicht auf Position 18 stoppte, wurde er ganz eingefahren und hydraulisch abgesichert. Nach einer Analyse der Sicherheitsrelevanz wurde der Kritikalitätstest ohne Verwendung dieses Steuerstabs erfolgreich beendet. Der betroffene Steuerstabantrieb wurde ausgetauscht und die Funktionsfähigkeit des neuen Antriebs nachgewiesen. Das Vorkommnis wurde auf eine Schwergängigkeit des Sperrklinkenmechanismus im Steuerstabantrieb zurückgeführt. Im Fall einer Reaktorschnellabschaltung wäre die Funktion des betroffenen Steuerstabs verfügbar gewesen. Auch im Fall eines vollständigen Ausfahrens mit anschließender Blockierung in voll ausgefahrener Stellung wäre die Unterkritikalität des Reaktors durch die anderen Steuerstäbe jederzeit gewährleistet gewesen. Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde das fehlerhafte Fahren eines

Steuerstabs vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

- Am 12. November 2014 wurde an einer Rohrschelle, welche zur Fixierung der Einspeiseleitung einer Division des Kernsprühsystems dient, ein Abriss der Schweißnaht zur Grundplatte festgestellt. Die zweite Schelle der betroffenen Halterung war unbeschädigt, ebenso die übrigen Halterungen der Einspeiseleitung. Die Beschädigung war vermutlich auf einen oder mehrere hydraulische Schläge zurückzuführen, die zu einer Längsverschiebung der Leitung führten. Die dabei durch die Schubnocken auf die Rohrschelle ausgeübte Kraft führte zum Versagen der Schweißnaht. Hydraulische Schläge sind zu erwarten, wenn das System beim Anlaufen der Kernsprühpumpe nicht vollständig mit Wasser gefüllt ist, was insbesondere beim jährlichen mit einer speziellen Systemkonfiguration durchgeführten Einspeisetest der Fall sein kann. Dabei wird das normalerweise mit Toruswasser gefüllte Kernsprühsystem entleert und mit Nebenkondensat gefüllt. Beim Test speist es gemeinsam mit dem alternativen Niederdruckkernsprühsystem in den drucklosen RDB. Nachher wird es wieder mit Toruswasser gefüllt.



Notstrom-Dieselaggregat.
Foto: KKM.

Schleuse zwischen
RDB und
Brennelementbecken.
Foto: KKM.



Eine Füllpumpe und die Alarmierung der Unterschreitung des Mindestdrucks im Kernsprühsystem verhindern eine Entleerung im Normalbetrieb. Eine erste analytische Bewertung ergab, dass die Belastung der Einspeiseleitung bei einer Anforderung des Kernsprühsystems auch ohne die betroffene Rohrschelle unterhalb der Grenzwerte liegen würde. Die Reparatur wurde deshalb auf den Revisionsstillstand 2015 terminiert. Zur Verhinderung von hydraulischen Schlägen bei Einspeisetests wird die massgebliche Prüfvorschrift mit einer unmittelbar vor dem Einspeisetest durchzuführenden Entlüftung des Kernsprühsystems ergänzt.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde der Zustand der Fixierung der Einspeiseleitung einer Division des Kernsprühsystems vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 und das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

- Aufgrund eines defekten Analogsenders fiel am 23. November 2014 die Übertragung des Messsignals «Niveau im Scramablassbehälter» in einem von vier Kanälen aus. Der Analogsender hat die Aufgabe, Messsignale aus dem alternativen

Reaktorabschalt- und Isolationssystem des SUSAN an das Reaktorschutzsystem zu senden. Im Fall einer echten Anforderung wäre die Reaktorschnellabschaltung infolge zu hohen Niveaus im Ablassbehälter über redundante Kanäle ausgelöst worden. Der defekte Analogsender wurde ersetzt. Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde der Ausfall eines Kanals der Ablassbehälterniveau-Messung vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 und das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

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

2.3 Anlagetechnik

2.3.1 Revisionsarbeiten

Die Revisionsarbeiten begannen am 10. August 2014 und dauerten bis zum 4. September 2014. 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 RDB, Ultraschallprüfungen an den Schweißnähten der Kernsprühleitung im RDB sowie an den Schweißnähten des Umwälzsystems, Wanddickenmessungen am Frischdampfsystem, Speisewassersystem und Primärcontainment sowie die visuelle Sonderprüfung einer Schweißnaht des Kernmantels. Folgende Prüfungen sind hervorzuheben:

- Die visuelle Prüfung der Kerneinbauten wurde nach einem qualifizierten Prüfverfahren durchgeführt. Die Befunde aus der Revisionsabstellung 2013 an einer Strahlpumpe, am Wasserabscheider sowie an den Instrumentierungslanzen zeigten keine Veränderung. Die Instrumentierungslanzen weisen Bewegungsriefen auf, die hinsichtlich der Sicherheit unbedenklich sind.
- Die zugänglichen Schweißnähte der Kernsprühleitung innerhalb des RDB wurden mit einer qua-

lifizierten, mechanisierten Ultraschallprüfung inspiert. Es wurden keine rissartigen Anzeigen festgestellt.

- Acht Schweissnähte von austenitischen Rohrleitungen des Reaktorwälzsystems wurden mit einer qualifizierten mechanisierten Wirbelstrom- und Ultraschallprüftechnik auf Risse geprüft. Dabei wurden keine betriebsinduzierten Fehler festgestellt.
- Am Frischdampf- und Speisewassersystem sowie am Primärcontainment wurden zahlreiche Wanddickenmessungen durchgeführt. An einem Frischdampfbogen ergaben sich mehrere linear, schräg zur Rohrbogenmantellinie angeordnete Anzeigen. Die Anzeigen befinden sich im Werkstoffvolumen in Tiefen zwischen 4 und 21 mm. Die Ursache ist herstellungsbedingt. Die Mindestwandstärke wird auch unter Abzug des fehlerbehafteten Werkstoffvolumens eingehalten. Daher wurde der Zustand des Rohrbogens als zulässig bewertet.
- Aufgrund von aktuellen Befunden in ähnlichen Anlagen in den USA wurde an der mittleren Kernmantelschweissnaht eine visuelle Sonderprüfung durchgeführt. Dabei wurden insgesamt acht kurze vertikale Anrisse quer zur horizontalen Schweissnaht entdeckt. Die Befunde wurden bruchmechanisch als zulässig bewertet. Es konnte analytisch nachgewiesen werden, dass der Kernmantel auch unter sehr konservativen Annahmen genügende Sicherheitsmargen aufweist. Das bestehende Prüfprogramm für den Kernmantel wird in der Jahresrevision 2015 mit einer Ultraschalluntersuchung weitergeführt. Zusätzlich ist der Umfang der zerstörungsfreien Prüfmethode zu überarbeiten und auf den neu detektierten Fehlertyp auszuweiten. Ab 2015 sind qualifizierte Ultraschallprüfungen zur Detektion und Charakterisierung von Axialfehlern einzusetzen. Das ENSI hat im Rahmen seiner Stellungnahme vom Januar 2015 zum Weiterbetrieb des KKM bis zur endgültigen Ausserbetriebnahme im Jahr 2019 die bezüglich des Kernmantels geltenden Anforderungen festgelegt.
- Die Stützen und Leitungen des Frischdampfsystems wurden auf Oberflächenrisse geprüft. Dabei wurden zwei Befunde bestätigt, welche seit dem Jahr 2004 bekannt sind. Ein Zuwachs im Vergleich zu 2004 wurde nicht registriert. Die Anzeigen sind gemäss ASME XI, Anhang C zulässig.

- An der Oberfläche der Entwässerungsleitung des Frischdampfsystems wurde mittels Farbeindringprüfung eine Anzeige in Umfangsrichtung mit einer Länge von 6 mm registriert. Auch hier ergab die Bewertung, dass die Anzeige zulässig ist.

- Die Dichtheit des Sekundärcontainments wurde mit dem vor jedem Brennelementwechsel durchzuführenden Leckratentest nachgewiesen.

- Das gesamte Primärcontainment wurde visuell überprüft. Es wurden keine Befunde festgestellt.

- Der beim Wiederanfahren der Anlage bei einem Druck von mehr als 68 bar durchzuführende Einspeisetest des Reaktorkernisolations-Kühlsystems in den Reaktor verlief erfolgreich. Die Anforderungen der Technischen Spezifikation wurden erfüllt.

Schwerpunkte des Wiederholungsprüfprogramms an elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen waren die komponenten- und verfahrenstechnischen Prüfungen der Block- und Eigenbedarfstransformatoren, des Anfahrtransformators und der Leistungsschalter der 380-V- und 6-kV-Schaltanlagen. Im leittechnischen Bereich sind die wiederkehrenden Prüfungen einer Division der SUSAN-Leittechnik, einer Division der Sicherheitsleittechnik des Notabluftsystems, sowie zweier Redundanzen des Reaktorschutzes zu nennen. Beim Abgassystem wurde nachgewiesen, dass alle Messkomponenten in einem guten Zustand sind und die Messgas-Leitungsführung den Anforderungen genügt.

An den zu prüfenden Batterieanlagen wurde die erforderliche Kapazität durch Entladung und Wiederaufladung nachgewiesen. Aufgrund des Erreichens der spezifizierten Lebensdauer wurde eine 110-V-Batterie ersetzt. Überprüft wurden auch die Gleich- und Wechselrichter der 24- und 125-V-Anlagen der beiden sicheren Schienen sowie jene in den Redundanzen des SUSAN. Die Prüfungen zeigten keine unzulässigen Befunde.

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 insbesondere folgende Anlageänderungen und Instandhaltungsarbeiten durchgeführt:

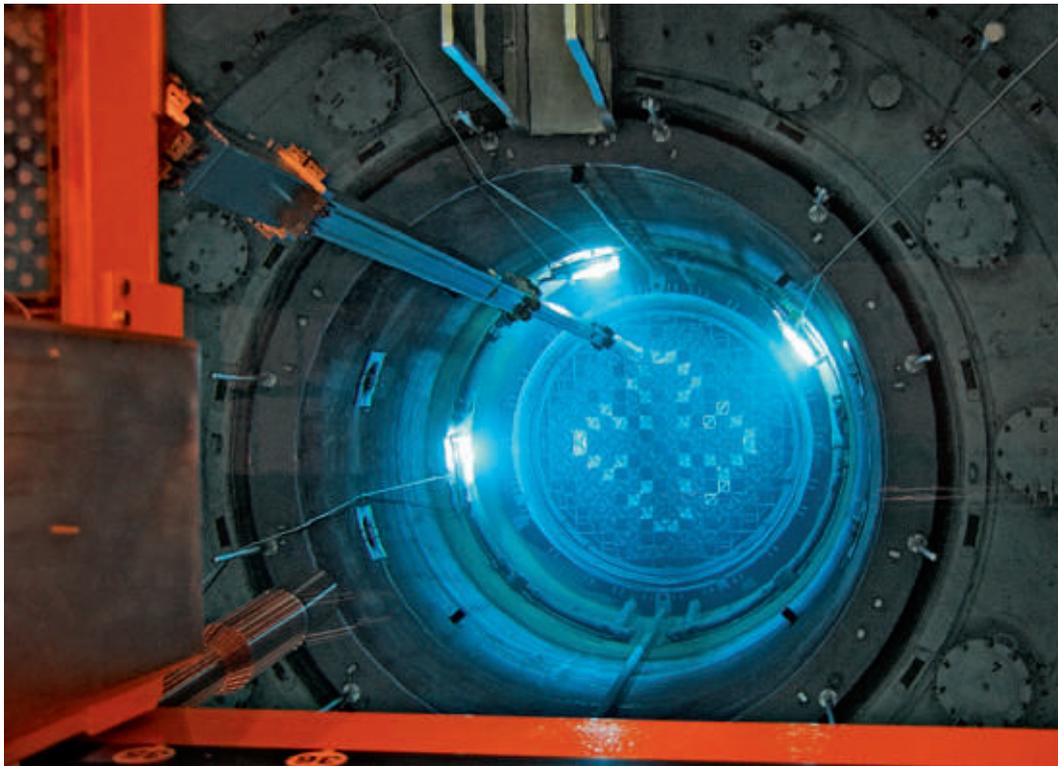
- Die Gleitringdichtungen der Umwälzpumpen mussten in den vergangenen Jahren jeweils früher als erwartet ausgetauscht werden. Die Ursache des erhöhten Verschleisses wurde auf Elektrokorrosion zurückgeführt. In der Jahresrevision 2013 wurden die Gleitringdichtungen beider Umwälzpumpen ersetzt. Bei einer Umwälzpumpe wurde versuchsweise ein neuer Dichtungstyp mit geänderter Materialzusammensetzung und geänderter Beschaffenheit der Dichtfläche eingesetzt. In der Jahresrevision 2014 wurde der neue Dichtungstyp aufgrund der positiven Erfahrungen nun auch bei der anderen Reaktorummwälzpumpe eingesetzt. Mit der Verwendung der neuen Gleitringdichtungen soll die Standzeit der Dichtung erhöht werden. Der Zustand der Gleitringdichtungen wird laufend überwacht. Temperatur, Druck und Leckage der Dichtungen werden online erfasst.
- In der Revisionsabstellung 2013 wurde an der Schweissnaht der Instrumentierungsleitung einer Strahlpumpe ein Anriss gefunden. Es wurde nachgewiesen, dass der Befund die Anlagesicherheit nicht beeinträchtigte. In der Jahresrevision 2014 wurde die betroffene Instrumentierungsleitung mit einer Klammer verstärkt. Solche Klammern werden im KKM bereits seit 2005 eingesetzt. Sie haben sich bewährt.
- In den Abblaseleitungen der Sicherheits- und Entlastungsventile wurden platinbeschichtete Spezialschrauben eingesetzt. Ihre autokatalytische Wirkung dient der Rekombination von wasserstoffhaltigen Radiolysegasen, die durch geringfügige Leckagen der Ventile in die Abblaseleitungen gelangen können. Die Herstellung und Montage der neuen Schrauben wurde vom SVTI überwacht. Damit wurde die entsprechende Forderung aus der Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2010 erfüllt.
- Die 6-kV-Schnellumschalteneinrichtungen wurden präventiv ersetzt und ihre Funktionstüchtigkeit bei gleichbleibendem Funktions- und Bedienkonzept nachgewiesen.
- Mit der Erneuerung der elektrischen Steuergeräte, deren Verkabelung und der zugehörigen Strom- und Spannungswandler in zwei 16-kV-Feldern wurde der Schutz der 16-kV-Einspeisungen vom Wasserkraftwerk auf den aktuellen

Stand der Technik gebracht. Damit konnte die auf vier Jahresrevisionen verteilte Ertüchtigung der Schutzeinrichtungen in den 6-kV- und 16-kV-Anlagen wie geplant abgeschlossen werden.

- Die präventive Sanierung von Messstellen im Maschinenhaus, vornehmlich in den Kondensationen der Turbinenanlagen, konnte abgeschlossen werden.
- Nach dem Ersatz der SUSAN-Melderechner im Vorjahr, wurde nun in der Jahresrevision 2014 auch der Melderechner des Reaktorschutzsystems ersetzt und erfolgreich in Betrieb genommen.
- In der Jahresrevision wurde die vom ENSI geforderte Erneuerung der Kabel der Sicherheitssysteme innerhalb des Reaktorgebäudes abgeschlossen.
- Bei beiden Reaktorkernisoliations-Kühlsystemen und den Steuerstabsantriebspumpen wurden Ölauffangwannen installiert. Diese verhindern im Falle einer Leckage im dazugehörigen Schmierölsystem eine Ausbreitung des Schmieröls und beugen einem Ölbrand vor.

2.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im August 2014 wurde der 41. 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 vom Typ GNF2. 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 weiterhin vier Brennelemente mit weiterentwickeltem Fremdkörperfilter, vier Brennelemente mit Kästen aus Zircaloy-4 und vier weitere Brennelemente mit Kästen aus dem weiterentwickelten Material NSF eingesetzt. Die Inspektionen bestätigten das auslegungs- und erwartungsgemässe Verhalten der Zircaloy-4-Kästen. Die NSF-Kästen befinden sich in ihrem ersten Betriebszyklus. Des Weiteren sind zwei Steuerelemente vom Typ Marathon Ultra MD als Vorläufer eingesetzt. Es wurden keine Steuerstabinspektionen durchgeführt. Es bestanden keine Anhaltspunkte für Steuerstabdefekte. Kühlmittel- und Abgasanalysen bestätigten dies.



Blick in den geöffneten Reaktor.
Foto: KKM.

Für den 42. Betriebszyklus setzte das KKM insgesamt 36 frische Brennelemente vom Typ GNF2 ein. Damit wird erstmalig der Reaktorkern ausschliesslich mit GNF2-Brennelementen betrieben. Das ENSI überzeugte sich davon, dass nur freigegebene und den Qualitätsanforderungen entsprechende Brennelemente geladen und alle Sicherheitsmassnahmen während des Brennelementwechsels gemäss den Vorgaben eingehalten wurden. Der vom ENSI geprüfte Beladepfad des Reaktorkerns erfüllte alle Sicherheitsanforderungen.

Im Berichtszeitraum ist der Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnungen überein.

2.4 Strahlenschutz

Im Jahr 2014 betrug die akkumulierte Kollektivdosis für das KKM 914 Pers.-mSv. Die maximale Individualdosis lag mit 9,4 mSv unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr.

Im Berichtszeitraum traten weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf. Dank der schadenfreien Brennelemente war die

Ausgangslage für die Revisionsarbeiten radiologisch gesehen auch in diesem Jahr günstig.

Die Kollektivdosis im Revisionsstillstand 2014 lag bei 630 Pers.-mSv (EPD). Der vom KKM vor Beginn der Arbeiten geschätzte Wert lag bei 842 Pers.-mSv.

Die mittlere Dosisleistung an den beiden Umwälzschleifen zeigt im Vergleich zu den Vorjahren mit 1,66 mSv pro Stunde (2013: 1,79 mSv pro Stunde; 2012: 1,71 mSv pro Stunde) im Berichtsjahr eine leichte Abnahme. Der Höchststand im Jahr 1994 betrug 6,4 mSv pro Stunde.

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

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

Die Edelmetalleinspeisung wurde fortgesetzt. Im Berichtsjahr wurde dem Reaktorwasser zwei Mal eine wasserlösliche Platinverbindung zugegeben.

Gemeinsam mit der kontinuierlichen Zugabe von Wasserstoff sollen dadurch die Einbauten im Reaktordruckbehälter vor Spannungsrisskorrosion geschützt werden.

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. Erstmals hat das KKM den aufgrund internationaler Empfehlungen vom ENSI festgesetzten Zielwert von 1 GBq pro Jahr für die flüssigen Abgaben unterschritten. 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 0,003 mSv für Erwachsene sowie 0,004 mSv für Zehnjährige und Kleinkinder und liegen somit deutlich unter dem quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr. Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes in der Umgebung des Werkes (MADUK) zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die Thermolumineszenz-Dosimeter,

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 2014 des ENSI verwiesen.

2.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKM regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas- und Fortluftreinigung und als verbrauchte Brennelementkästen an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 25 m³ leicht niedriger als im Vorjahr. Der Anfall bewegt sich in der mehrjährigen Schwankungsbreite auf einem niedrigen Niveau.

Trafo.
Foto: KKM.



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 liegt mit 48 m³ im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brennbar 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 für die Betriebsabfälle kommt im KKM die Zementierung von Harzen zum Einsatz. Die erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen liegen vor. Im Berichtsjahr wurden Harze konditioniert. Ausserdem erfolgte eine Kampagne zur Konditionierung von nicht wiederverwendbaren Brennelement-Kästen. Wie bisher wurden diese mit Hilfe einer hydraulischen Unterwasserschere geschnitten, in einen Edelstahlkorb gefüllt und anschliessend zementiert. Das ENSI hat die Durchführung der Konditionierungskampagne freigegeben und das Zerschneiden der Brennelement-Kästen unter Wasser inspiziert.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in das werkseigene Zwischenlager eingelagert. Das KKM nutzt zudem die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Im Berichtsjahr wurden 85 Fässer mit zementierten Harzen dorthin transferiert. Bei der jährlichen Inspektion des Lagergutes wurden keine meldepflichtigen Befunde 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 23 t Material 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 Oktober 2014 an der Werksnotfallübung PINDITO die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Für die Übung wurde ein Szenario mit dem Ausfall einer Speisewasserpumpe und dem verzögerten Start der Reservepumpe angenommen. Dadurch fiel das Wasserniveau im RDB, was zu einer Reaktorschnellabschaltung führte. Da nicht alle Steuerstäbe eingeschossen werden konnten, wurde der Reaktor nicht vollständig abgeschaltet. Die thermische Leistung wurde auf 15 % reduziert. Das Vergiftungssystem, welches den Reaktor im Falle eines Versagens der Schnellabschaltung durch Borsäureeinspeisung abschaltet und die Unterkritikalität im weiteren Zeitverlauf sicherstellt, wurde in Betrieb genommen. Die erste Vergiftungspumpe fiel jedoch nach rund 30 Minuten aus, die zweite nach weiteren 30 Minuten. Die Feuerwehr wurde aufgeboden, um die alternative Boreinspeisung vorzubereiten. Der Betreiber hat unter anderem Verbesserungspotenzial in der personellen Belegung der Notfällräume identifiziert. Das benötigte Personal für den Stab ist auf ein lagegerechtes Minimum zu reduzieren.

Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen 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 vorgeschriebene Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes bestätigt wurde.

2.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr hat das KKM den Personalbestand auf 363 Personen erhöht, welche 355 Vollzeitstellen besetzen (Ende 2013: 345). Die BKW hat, im Hinblick auf den Restbetrieb der Anlage und den anstehenden Rückbau, eine Anzahl Massnahmen

zur Personalbindung initialisiert. Die Erhöhung des Personalstandes ist u.a. auf den Personalbedarf für laufende und geplante Projekte im Hinblick auf den Restbetrieb, die Vorbereitungen für die Stilllegung des KKM, auf die notwendigen Einarbeitungszeiten neuer Mitarbeiter sowie den Know-how-Transfer zurückzuführen. Das KKM hat im Jahr 2014 keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen.

Das Managementsystem des KKM ist gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2008 zertifiziert. Das ENSI führte eine Inspektion der Regelungen im Managementsystem zu Beschaffung und Kundenkompetenz durch. Die Kompetenz eines Kernanlagenbetreibers, die Qualität der Leistungen von Lieferanten – einschliesslich des Anlagenherstellers – zu beurteilen, ist eine Voraussetzung, um die gesetzliche Verantwortung für die Sicherheit der von ihm betriebenen Anlage wahrnehmen zu können. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt. Vier Reaktoroperateure, zwei Schichtchefs sowie ein Pickettingenieur 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 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 2013 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2014 der Abteilung Betrieb durchgeführt. Gegenstände der Inspektion waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator, die allgemeine Wiederholungsschulung sowie deren Änderungen und Neuerungen. Ferner wurde die Ausbildung des Personals der Abteilung Elektrotechnik auf Einhaltung der Vorgaben der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Die Ausbildungsprogramme des KKM erfüllen in den inspeziierten Bereichen die Anforderungen.

2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Die Abarbeitung der Forderungen aus der sicherheitstechnischen Stellungnahme des ENSI zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2010 des Kernkraftwerks Mühleberg erfolgt termingerecht. Im Kapitel 10 sind die Arbeiten aufgeführt, welche im Bereich der PSA durchgeführt wurden.

2.9 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2014 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Erläuterungen zur 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 \ Ziele	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Sicherheitsbenennen				
Ebene 1		N	A	A
Ebene 2		A	N	N
Ebene 3	N	A	A	N
Ebene 4			N	V
Ebene 5			N	V
Barrieren				
Integrität der Brennelemente			N	N
Integrität des Primärkreises			N	N
Integrität des Confinements			N	
ebenen- oder barrieren-übergreifende Bedeutung		N	N	N

Sicherheitsbewertung 2014 KKM: Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

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

Sicherheitsbewertung 2014 KKM: Schutzziel-Perspektive

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

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen richten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts. Sämtliche den Kategorien A (Abweichung) und höher zugeordneten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 2.1 bis 2.7 dargestellt.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

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 die nicht ausreichend konservativen Betriebsgrenzen MAPLHGR und OLMCPR als Abweichungen 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 Schäden an unbestrahlten Brennelementen,
- das fehlerhafte Fahren eines Steuerstabs,
- den Zustand der Fixierung der Einspeiseleitung einer Division des Kernsprühsystems und
- den Ausfall eines Kanals der Ablassbehälter-niveau-Messung

als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKM hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Das ENSI beurteilt die Einstellung der Drehzahlsollwertbegrenzung, die zweimal zu einer automatischen Abschaltung einer Reaktorumwälzpumpe geführt hat, in beiden Fällen als Abweichung 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.



*Kernkraftwerk Gösgen.
Foto: KKG.*

3. Kernkraftwerk Gösgen

3.1 Überblick

Im Betriebsjahr 2014 verlief der Volllastbetrieb im Kernkraftwerk Gösgen (KKG) weitgehend störungsfrei. Das ENSI stellt fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen im Betriebsjahr 2014 immer eingehalten wurden. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKG im Jahr 2014 hinsichtlich Auslegungsvorgaben und hinsichtlich Betriebs-Vorgaben als hoch sowie hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage und hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als gut.

Das KKG ist eine Druckwasserreaktor-Anlage und nahm seinen Betrieb im Jahr 1979 auf. Die elektrischen Nennleistungen (brutto und netto) sind auf Basis der Anlagedaten bei unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen per 1. Juli 2014 neu festgelegt worden. Die elektrische Bruttoleistung beträgt neu 1060 MW (bisher 1035 MW), die elektrische Nettoleistung neu 1010 MW (bisher 985

MW). Die Modernisierungen der Turbogeneratorgruppe sowie Optimierungen am Kühlturm in den vergangenen Jahren hatten zu einer Wirkungsgradverbesserung geführt. 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 elf meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, welche das ENSI auf der internationalen Ereignisskala INES alle der Stufe 0 zuordnete. Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 107 Inspektionen durchgeführt. Wo erforderlich verlangte das ENSI Verbesserungen und überwachte deren Umsetzung. Der Revisionsstillstand vom 8. Juni bis 8. Juli 2014 war geprägt von umfangreichen Nachrüstungen im Bereich der Leitetchnik. Bei den Revisionsarbeiten und Wiederholungsprüfungen wurden keine Befunde festgestellt, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen. Die Messwerte der kontinuierlichen Überwachung der



Primärkühlmittelaktivität zeigten keine Anzeichen für Brennstabdefekte.

Die Kollektivdosis war im Revisionsstillstand und im Verlauf des ganzen Betriebsjahres tief. 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.

Die Menge radioaktiver Rohabfälle entsprach dem aufgrund der durchgeführten Arbeiten zu erwartenden Umfang.

Das KKG hat im Berichtsjahr keine grösseren Anpassungen seiner Organisation vorgenommen. Im Berichtsjahr legten zwei Schichtchefs und zwei Reaktoroperatoren ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Fünf Reaktoroperator-Anwärter absolvierten die kerntechnische Grundlagenausbildung an der Reaktorschule des PSI erfolgreich.

3.2 Betriebsgeschehen

Das Kernkraftwerk Gösgen erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 92,1 % und eine Zeitverfügbarkeit von 91,7 %. Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind

in Figur 1 dargestellt. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war hauptsächlich durch den Revisionsstillstand bedingt.

Die ausgekoppelte Prozesswärme für die Versorgung der zwei nahe gelegenen Kartonfabriken belief sich auf 176,4 GWh.

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

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

- Am 28. Januar 2014 kam es zu einer Turbinenschnellabschaltung. Diese führte auslegungsgemäss zu einer automatischen Reduktion der Reaktorleistung auf rund 30%. Da die Störung nicht innerhalb einer Stunde zu beheben war, wurde die Reaktorleistung von der Schicht auf unter 15 % vermindert. Ursache der Turbinenschnellabschaltung war eine Fehlauflösung durch die Wellenschwingungsüberwachung des Generators. Diese Überwachung wurde in Absprache mit dem Hersteller unscharf geschaltet und danach die Anlage wieder hochgefahren. Der Schutz des Generators vor zu starken Schwingungen ist mit der Überwachung der Generatorlager weiterhin sichergestellt. Beim Austausch des Generators im Revisionsstillstand

2013 waren die Lager des Generators mit dieser zusätzlichen Überwachung nachgerüstet worden. Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde das Fehlauslösen der Wellenschwingungsüberwachung des Generators vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und mit schutzzielübergreifender Bedeutung.

- Nach einer Störmeldung am 21. Februar 2014 wurde ein Harztrocknungsgebläse der Anlage zur Behandlung radioaktiver Abfälle freigeschaltet und demontiert. Dabei wurde ein Bruch der Gebläsewelle festgestellt. Untersuchungen zeigten Ermüdung als Ursache. Die Verfügbarkeit der Anlage zur Behandlung radioaktiver Abfälle und die laufende Kampagne zur Trocknung von Harzen waren durch den Ausfall des Gebläses nicht beeinträchtigt. Die Anlage zur Behandlung radioaktiver Abfälle wurde mit den zwei anderen parallel vorhandenen Gebläsen weiterbetrieben. Es traten keine radioaktiven Stoffe aus, da die Integrität des Gebläsegehäuses vom Bruch der Welle nicht betroffen war.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde der Ausfall eines Harztrocknungsgebläses der Anlage zur Behandlung radioaktiver Abfälle vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Am 23. März 2014 war der Sumpf im Innenraum des Reaktorgebäudes gemäss Betriebshandbuch zu entleeren. Da eine Gebäudeabschlussarmatur von der Warte aus nicht geöffnet werden konnte, wurde sie vor Ort von Hand betätigt. Der Gebäudeabschluss war jederzeit gewährleistet, weil die betroffene Armatur zum Zeitpunkt der Störung geschlossen war. Darüber hinaus funktionierte die zweite in Serie geschaltete Armatur normal. Die beiden Armaturen sind im Leistungsbetrieb normalerweise geschlossen und werden nur zur Entleerung des Sumpfes und im Rahmen von Reaktorschutzprüfungen geöffnet. Im Laufe der Abklärungen liess sich die Störung auf die Schwergängigkeit der Armatur zurückführen. Spindel und Spindelmutter wurden nachgeschmiert.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde die Nichtverfügbarkeit der Ge-

bäudeabschlussarmatur vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 3 sowie für das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Am 6. April 2014 war eine der beiden Kaminmessstellen zur Überwachung der Edelgase in der Fortluft für rund 45 Minuten nicht verfügbar. Die gemäss Technischer Spezifikation zulässige Unverfügbarkeit beträgt 100 Stunden. Ursache war eine ausgefallene Sicherung in der elektrischen Stromversorgung. Sie wurde ersetzt. Bei der nachfolgenden Kontrolle lag die Stromaufnahme der Messstelle in Normalbereich. Eine Kontrolle der Elektronikbaugruppen der Messstelle auf Whisker (Haarkristalle im Bereich von Lötverbindungen) ergab keine Befunde. Die Überwachung der Kaminfortluft hinsichtlich radioaktiver Stoffe war während der gesamten Zeit gewährleistet, da neben der redundanten Edelgasmessstelle auch die Iod- und Aerosolmessung ordnungsgemäss funktionierten.



Schweissarbeit.
Foto: KKG.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde der Ausfall einer Edelgas-Messstelle vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie für die Schutzziele «Einschluss radioaktiver Stoffe» und «Begrenzung der Strahlenexposition».

- Im Revisionsstillstand war für geplante Arbeiten eine elektrische Freischaltung erforderlich. Damit eine Normalnetzschiene auch während dieser Arbeiten weiter mit Spannung versorgt werden konnte, musste sie am 19. Juni 2014 durch eine Umschaltung mit einer anderen Normalnetzschiene verbunden werden. Dabei kam es auf beiden Normalnetzschienen zu einem Spannungsunterbruch. Eine Notstandschiene, welche von einer dieser Schienen versorgt wird, wurde somit ebenfalls spannungslos. Als Folge davon startete auslegungsgemäss der entsprechende Notstanddiesel und versorgte die Notstandschiene wieder mit Spannung. Die Ursache des Spannungsunterbruchs war eine neue gegenseitige Verriegelung der Normalnetzschienenschalter. Diese war bei der Planung einer Anlagenänderung und Anpassung der Betriebsvorschriften nicht berücksichtigt worden. Nachdem die Ursache erkannt worden war, wurden die Normalnetzschienen erfolgreich miteinander verbunden und die Spannungsversorgung der betroffenen Schienen normalisiert. Anschliessend konnte der Notstanddiesel abgeschaltet werden. Zum Zeitpunkt des Vorkommnisses waren alle Brennelemente entladen und befanden sich im Brennelementbecken. Die Kühlung der Brennelemente war jederzeit gewährleistet.
- Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurden die Fehler bei der Planung einer Anlagenänderung und Anpassung der Betriebsvorschriften vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.
- Am 14. Juli 2014 kam es im Wasserkraftwerk in Niedergösgen zu einer technischen Störung und einer Abschaltung mehrerer Wasserturbinen. Dadurch entstand ein Rückstau im Oberwasserkanal, dessen Pegelstand von der automatischen Oberwasserregelung des Wasserkraftwerks ungenügend ausgeregelt wurde. Diesem Kanal

entnimmt das KKG Wasser für seine Kühlwassersysteme. Beim Absenken des Pegelstands im Oberwasserkanal, das vom Wasserkraftwerk manuell eingeleitet wurde, sank der Pegelstand vorübergehend deutlich unter den Normalwert und regte deshalb die Kühlwasserschutzlogik des KKG an. Dadurch starteten auslegungsgemäss beide mit einem Dieselmotor angetriebenen Kühlwasserpumpen in der zweiten Wasserfassung des KKG am Unterwasserkanal des Wasserkraftwerks. Die Ursache der Abschaltung der Wasserturbinen war ein Fehler in der unterbruchsfreien Stromversorgung des Wasserkraftwerks. Nachdem sich der Pegel im Oberwasserkanal normalisiert hatte und die Ursache abgeklärt war, konnten die Kühlwasserdieselpumpen ausgeschaltet werden. Die Schwankungen des Wasserpegels hatten ausser dem Anlaufen der Dieselpumpen in der zweiten Wasserfassung keine Auswirkungen auf das KKG. Die Sicherheit wurde nicht beeinträchtigt. Die Regelung des Pegelstands im Oberwasserkanal durch das Wasserkraftwerk liegt nicht im Verantwortungsbereich des KKG.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde das Anlaufen der Dieselpumpen in der zweiten Wasserfassung vom ENSI der Kategorie N (Normalität) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet.

- Im Bereich der Leittechnik waren im Revisionsstillstand 2014 umfangreiche Nachrüstungen vorgenommen worden. Auch nach der Aufnahme des Leistungsbetriebs wurden im Rahmen des ordentlichen Inbetriebsetzungs-Programms Anlagenversuche durchgeführt, um sicherzustellen, dass die neue Leittechnik sämtliche Funktionen wie in der Auslegung vorgesehen erfüllt. Das System, das für die Überwachung und Begrenzung der Reaktorleistung zuständig ist, ist vierfach vorhanden. Es zeigte zeitweise eine Störmeldung an. Um deren Ursache zu ermitteln, wurden am 28. Juli 2014 Rechenwerte von einem redundanten System auf andere redundante Systeme mit einem neuen Leittechnik-Servicegerät übertragen. Dabei erfüllten einzelne Werte zur Überwachung der Leistungsdichte Kriterien, die zu einer automatischen Reduktion der Reaktorleistung auf rund 35 % führten. Die tatsächliche Leistungsdichte war nicht erhöht. Zur unnötigen Leistungsreduktion war es gekommen, weil irrtümlich davon ausgegangen wurde, dass die Werte, die zur Überwachung der Leistungsdichte verwendet



Arbeiten am geöffneten Generator.
Foto: KKG.

werden, in den verschiedenen redundanten Systemen gleich gross sein müssten. Dabei wurde in der hierfür verwendeten Computerbefehls-Sequenz, einem so genannten Skript, nicht berücksichtigt, dass die einzelnen redundanten Systeme aufgrund physikalischer Unterschiede mit unterschiedlichen Werten arbeiten müssen. Nachdem die Ursache der Leistungsreduktion geklärt war, konnte die Anlage wieder auf Voll-last gefahren werden. Alle auf dem neuen Leit-technik-Servicegerät vorhandenen Skripte, mit denen vergleichbare Beeinflussungen der Leit-technik möglich wären, wurden auf Korrektheit geprüft. Dabei wurden keine weiteren Fälle ge-funden.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbe-wertung wurde der Fehler in einem Skript des Leittechnik-Servicegeräts vom ENSI der Katego-rie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewer-tungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zu-stands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität». Die durch die unge-plante Leistungsreduktion bedingte Risikoerhö-hung wurde der Kategorie A (Abweichung) zu-geordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barriere-übergreifender sowie schutzzielübergreifen-der Bedeutung.

- Am 18. August 2014 wurden unterschiedliche Werte bei der analogen und der digitalen Mes-sung der Steuerstabstellungen festgestellt. Bei der Prüfung der zuständigen Baugruppen für die analoge Steuerstabstellungsmessung konnte die Ursache dafür festgestellt werden. Die Baugrup-pen dieses Typs waren mit dem Austausch eines Teils der Leittechnik in der Jahresrevision 2014 neu eingebaut worden. Die Steuerstabstellung wird zusätzlich digital erfasst. Diese Messung lie-ferte jederzeit korrekte Werte. Abklärungen zeigten, dass die Fehlfunktion beim Auswech-seln derjenigen Baugruppen auftritt, welche an-deren Baugruppen desselben Typs den Takt zur Synchronisation vorgeben. Als Ursache für die Fehlfunktion der Baugruppe wurde ein vom Da-tenblatt abweichendes Verhalten elektronischer Bauteile erkannt, welche den Takt zur Synchron-isation bestimmen. Die betroffenen Leittech-nik-Baugruppen wurden umgerüstet, indem die elektronischen Bauteile, welche den Takt zur Synchronisation bestimmen, neu ausgewählt und abgeglichen wurden. Die digital erfassten Stabstellungsanzeigen waren jederzeit korrekt. Die Störung betraf die analogen Stabstellungs-signale mehrerer Steuerstäbe. Ein Kriterium zur automatischen Absenkung der Reaktorleistung wurde nicht erreicht. Die Reaktorschnellabschal-tung durch den Reaktorschutz wäre im Anfor-derungsfall jederzeit gewährleistet gewesen.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde das vom Datenblatt abweichende Verhalten elektronischer Bauteile der Steuerabstellungsmessung vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität». Die durch das erhöhte Risiko einer ungeplanten Leistungsreduktion bedingte sehr konservativ abgeschätzte Risikoerhöhung wurde der Kategorie A (Abweichung) zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzziel-übergreifender Bedeutung.

- Am 16. September 2014 wurde ein Kühlmittelverdampfer einschliesslich Kühlmittelentgaser für eine äussere Inspektion in Betrieb genommen. Kühlmittelverdampfer und -entgaser sind Teile des Systems zur Kühlmittellagerung und -aufbereitung. Dabei wurde am Kühlmittelentgaser eine kleine Leckage festgestellt. Ursache waren Risse an einem Schauglas infolge wärmeinduzierter innerer Spannungen beim Aufheizen. Die radiologischen Kontaminationsmessungen ergaben Werte unter einem Richtwert.

Im Innern
des Generators.
Foto: KKG.



Das Vorkommnis hatte keine Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb. Das Schauglas wurde ersetzt. Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurden die Risse am Schauglas eines Kühlmittelentgasers vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Am 7. Oktober 2014 wurde im Rahmen einer Funktionsprüfung der zweiten Wasserfassung eine der beiden Kühlwasserdieselpumpen gestartet. Während des Warmlaufbetriebs wurde an der drucklosen Leckölleitung einer Einspritzpumpe eine Kleinleckage festgestellt. Aufgabe der Leckölleitung ist es, das aus der Schmierung der Einspritzpumpe in minimalen Mengen anfallende Öl drucklos dem Leckölbehälter zuzuführen. Ursache für die Leckage war ein durch die betrieblichen Vibrationen bewirkter Ermüdungsbruch an einer Verschraubung der Leckölleitung. Ausgangspunkt des Risses war eine herstellungsbedingte Delle im Bereich der geringsten Wandstärke, die zu einem Spannungsmaximum geführt hatte. Die Kleinleckage hatte auf die Verfügbarkeit der Kühlwasserdieselpumpe keine Auswirkungen. Die betroffene Leckölleitung wurde repariert. Eine Kontrolle der anderen Leckölleitungen der Kühlwasserdieselpumpen ergab keine Befunde.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurden die Risse an einer Leckölleitung einer Einspritzpumpe einer Kühlwasserdieselpumpe vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 und das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

- Im November 2014 wurde ein Notstromdiesel planmässig gegen einen beim Hersteller überholten Diesel ausgetauscht. Vom 10. bis 12. Dezember 2014 wurde er dem vorgesehenen zweimal 24 Stunden dauernden Testlauf unterzogen. Gegen Ende der ersten 24 Stunden wurde am 11. Dezember 2014 an einer Schweißnaht der Kühlwasserkreislaufleitung und an einer Schweißnaht der Schmieröldruckleitung jeweils eine rissbedingte Kleinleckage festgestellt. Beide wurden provisorisch abgedichtet. Der Testlauf wurde ohne Unterbruch abgeschlossen. Danach wurde der Notstromdiesel zur geplanten Inspektion der Zylinder freigeschaltet. Dabei wurden auch beide

Kleinleckagen repariert. Die zweiten 24 Stunden verliefen ohne Befunde. Die Leckagen beeinträchtigten die Verfügbarkeit des Notstromdiesels nicht. Anhand der Schadensbilder wurden als Ursache in beiden Fällen vibrationsbedingte Schädigungen infolge von Schweißfehlern während der Fertigung erkannt.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurden die Risse an einer Kühlwasser- und einer Schmierölleitung eines Notstromdiesels vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 und mit schutzzielübergreifender Bedeutung. Eine Zusammenstellung der Vorkommnisse der vergangenen zehn Jahre ist im Anhang in Figur 2 dargestellt. Eine Übersicht über die meldepflichtigen Vorkommnisse im Berichtsjahr findet sich in Tabelle 4.

3.3 Anlagetechnik

3.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstands in der Zeit vom 8. Juni bis zum 8. Juli 2014 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 Wirbelstrom- und Ultraschallprüfungen an Dampferzeugern. Folgende Prüfungen sind hervorzuheben:

- An zwei Dampferzeugern wurden die Heizrohre zu 100 % einer mechanisierten Wirbelstromprüfung unterzogen. Dabei wurden zwei Rohre vorsorglich verschlossen. Die Prüfungen zeigten keine neuen bewertungspflichtigen Anzeigen.
- An einem Dampferzeuger wurden auf der Sekundärseite die Schweißnähte mit einem qualifizierten Phased-Array-Ultraschall-Prüfverfahren geprüft. Es wurden keine bewertungspflichtigen Anzeigen festgestellt. Die plattierte Innenoberfläche der primären Wasserkammer auf der heißen und kalten Seite wurde erstmalig einer indirekten visuellen Prüfung unterzogen. Es gab keine bewertungspflichtigen Anzeigen.
- An Rohrleitungen des Reaktorkühlkreislaufs, an

Dampferzeuger-Abschlammleitungen, an Einspeiseleitungen im Not- und Nachkühlsystem und am Volumenregelsystem wurden Ultraschall- und Oberflächenrissprüfungen durchgeführt. Dabei wurde an der Anschlussnaht zur Hauptkühlmittelpumpe eine Anzeige festgestellt, die als zulässig bewertet wurde.

- An zahlreichen Armaturen wurden Oberflächenrissprüfungen, visuelle Prüfungen oder Dichtheitsprüfungen durchgeführt. An einer Armatur des Speisewassersystems im nicht nuklearen Teil der Anlage wurde ein bewertungspflichtiger Befund festgestellt. Die betroffene Komponente wurde ersetzt. Alle weiteren Prüfungen ergaben keine bewertungspflichtigen Befunde.
 - Bei allen durchgeführten Funktionsprüfungen und Neueinstellungen an sicherheitstechnisch klassierten Sicherheitsventilen lagen die Ergebnisse innerhalb des Toleranzbandes.
 - Alle bei den Dichtheitsprüfungen am Materialtor, der Personenschleuse und der Notschleuse am Containment festgestellten Leckageraten waren zulässig.
 - An zwei Druckspeichern im Not- und Nachkühlsystem wurden innere Prüfungen, am Abblasebehälter im Druckhaltesystem äussere Prüfungen durchgeführt. Bei keiner der Komponenten wurden bewertungspflichtige Anzeigen festgestellt.
- Im Bereich der Leittechnik wurden bereits vor dem Revisionsstillstand Vorbereitungsarbeiten durchgeführt. Mit der Umstellung auf ein neues digitales Leittechniksystem (vgl. Kap. 3.3.2) wurden Teile der analogen Leittechnik ersetzt. Entsprechend sind viele der früher ausgeführten Prüfungen der analogen Leittechnik entfallen.

Im Bereich der Starkstromtechnik wurde der Strang 4 des elektrischen Eigenbedarfs einer Grossrevision unterzogen. Erwähnenswert sind auch der Ersatz der 10-kV-Stromwandler und der Einbau von kapazitiven Spannungsanzeigen in zwei Einspeisefeldern. Weiter wurde der Motor einer Hauptkühlwasserpumpe durch eine leistungsstärkere Variante ersetzt und der zugehörige Motorschutz erneuert. Am 2013 ersetzten Generator wurde eine Garantieinspektion durchgeführt. Die durchgeführten mechanischen und elektrischen Messungen am Stator und Rotor ergaben keine Befunde. An einer der beiden Hauptspeisewasserpumpen wurde der Stator des Pumpenmotors durch eine baugleiche Version ersetzt. In der 220-kV-Fremdnetzeinspeisung wurden die Ölkabelanlage zwischen den Apparatebuchten der zwei Fremdnetztransforma-

toren gegen ein neues Hochspannungskabel in einem neu erstellten Kabelrohrblock ausgetauscht und ein neuer 220-kV-Fremdnetztransformator als Reserve vormontiert.

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 insbesondere folgende Anlageänderungen durchgeführt:

- Im Bereich maschinentechnische Ausrüstungen erwähnenswert sind der Ersatz eines Teilstücks der Rohrleitung der Brunnenwasserversorgung in einem Strang des Notstandsystems, der Ersatz der Zulaufleitungen zu den vier Kälteanlagen im nuklearen Nebenkühlwassersystem durch rostfreie Leitungen sowie das Einschweissen eines Umlenkbogens an den beiden Verdampferkolonnen zur Verhinderung von Kavitation im Speisewasserleitungseinlauf. Die Arbeiten wurden in guter Qualität durchgeführt, wodurch die Prüfungen keine Beanstandungen ergaben.
- Im Revisionsstillstand 2014 fand der Austausch eines ersten Teils der Leittechnik (Teilprojekt LETA1) statt. Dieser umfasste den Ersatz der bisher in Analogtechnik ausgeführten Reaktorregelungen, Reaktorleistungsbegrenzungen, Neutronenflussmessungen, Stabsteuerung, Stabstellungsanzeige, Speisewasser- und Notspeiseregung durch ein digitales Leittechniksystem. Die Änderungen waren in den vergangenen zwei Jahren vorbereitet worden und betrafen alle vier Redundanzen. Die Änderungen wurden mit den vorgesehenen Tests und Anlageprüfungen erfolgreich abgeschlossen.
- Auf den beiden 380-V-Notstandsammelschienen wurden zusätzliche Lasttrennschalter eingebaut. Damit wird die Einspeisung durch externe Notstromgeneratoren vereinfacht.

- Die Erdbebenfestigkeit der Befestigungen von Leittechniksschränken im Schaltanlagegebäude, von zwei Lüftungsaggregaten im Notstandgebäude sowie aller vier Notstromdiesel wurde verbessert. Die Grundrahmen der Notstromdiesel wurden dafür mit Federdämpferelementen versehen.

3.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Geringe Aktivitätskonzentrationen im Primärkühlmittel liessen den Schluss zu, dass im 35. Betriebszyklus (2013/2014) keine Brennstab-Hüllrohrdefekte mit Aktivitätsfreisetzung aufgetreten sind. Während des Revisionsstillstands wurden 32 frische WAU-Brennelemente in den Reaktorkern geladen, der damit im 36. Betriebszyklus insgesamt 173 WAU- und 4 Uran-Brennelemente enthält.

Bei umfangreichen Inspektionen der Standard-Brennelemente mit Uran- und WAU-Brennstoff und verschiedenen Standzeiten wurden bezüglich des Brennelement- und Brennstabwachstums sowie der Brennelementverbiegung auslegungsgemässe Zustände festgestellt. Die an Brennstäben mit verschiedenen Hüllrohrmaterialien gemessenen Oxidschichtdicken sind gering und liegen im erwarteten Bereich.

Die Steuerstabfinger aller 48 Steuerelemente wurden während des Revisionsstillstands mittels Wirbelstromprüfung auf Wanddickenschwächungen und Beschädigungen untersucht. Bei drei Steuerelementen aus der Erstausrüstung und zweien aus der ersten Nachlieferung sind Rissanzeigen festgestellt worden. Sie wurden vorsorglich ausgetauscht und kommen nicht mehr zum Einsatz. Alle anderen Steuerelemente befanden sich in einem auslegungsgemässen Zustand.

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

Im Berichtszeitraum 2014 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.



Stromaggregate.
Foto: KKG.

3.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2014 betrug die Kollektivdosis im KKG 482 Pers.-mSv. Die höchste im KKG registrierte Individualdosis lag bei 6,6 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde unterschritten.

Bei den Arbeiten während des Revisionsstillstands wurden 425 Pers.-mSv akkumuliert, geplant waren 433 Pers.-mSv. Es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten. Es sind keine Inkorporationen aufgetreten.

Die Anlage zeigte sich in einem radiologisch sauberen und zonenkonformen Zustand. Die Dosierung von Zink in den Primärkreis wirkt sich auf die Dosisleistung und die akkumulierten Dosen positiv aus. Im Durchschnitt lag die Dosisleistung an ausgewählten Primärkomponenten um 58 % unter dem Wert, der vor Beginn der Zinkdosierung im Jahr 2005 ermittelt worden ist. Im Vergleich zum Vorjahrswert (56% unter dem Wert von 2005) wurde damit eine weitere Reduktion erreicht.

Die radiologische Situation aufgrund des nach wie vor erhöhten Trampurananteils im Kreislauf als Folge der Brennelementdefekte in vergangenen Jahren erforderte auch in der Revision 2014 ergänzende Schutzmassnahmen, obwohl mit dem letz-

ten defektfreien Zyklus insgesamt die Spaltproduktkonzentrationen gegenüber 2013 deutlich abnahmen. Eine Zutrittsbegrenzung für das gesamte Containment wurde nur beim Abheben des RDB-Deckels angeordnet. Die Luftkontamination konnte mit Hilfe der verbesserten Spülluftanlage rasch 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. 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 21 % 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 und Zehnjährige und für Kleinkinder

bei rund 0,0013 mSv. Sie liegen damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv pro Jahr. 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 2014 des ENSI verwiesen.

3.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKG regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 18 m³ leicht 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 KKG vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Ihr Bestand liegt mit 22 m³ im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brennbare und schmelzbare Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der Zwiilag bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren für die Betriebsabfälle 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 erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen

vor. Im Berichtsjahr wurden Harze in Bitumen verfestigt.

Die konditionierten Abfallgebände werden routinemässig im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKG nutzt zudem die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Bei der jährlichen Inspektion des Lagergutes wurden keine meldepflichtigen Befunde 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 16,4 t Material freigemessen.

Im Frühjahr 2014 fand ein innerbetrieblicher Transport von 12 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 2014 an der Werksnotfallübung TALPA die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Für die Übung wurde ein Szenario angenommen, bei dem während des Brennstoffwechsels die Lademaschine mit einem angehängten Brennelement durch einen Kurzschluss ausfiel. Ein nicht absperbares Leck in Kombination mit falschen Armaturenstellungen führte zum Absinken des Niveaus im Brennelementbecken. Dadurch tauchte das an der Lademaschine hängende Brennelement teilweise aus dem Wasser auf, was zu einer hohen Ortsdosisleistung führte. Zusätzlich versagte die Kommunikation mit den externen Notfallpartnern über Fax, Telefon und E-Mail, so dass über das Funksystem POLYCOM mit dem ENSI kommuniziert werden musste. Im weiteren Übungsverlauf waren drei Personenunfälle zu bewältigen. Der Betreiber hat unter anderem Verbes-

serungspotenzial beim Gesamtaufgebot der Notfallorganisation identifiziert.

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 vorgeschriebene Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes bestätigt wurde.

3.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr hat das KKG den Personalbestand auf 529 Personen erhöht, welche 507 Vollzeitstellen besetzen (Ende 2013: 515). Dies ist u.a. auf den Personalbedarf für laufende und geplante Projekte sowie auf die notwendigen Einarbeitungszeiten neuer Mitarbeiter und den Know-how-Transfer zurückzuführen. Das KKG hat im Jahr 2014 keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen.

Das Managementsystem des KKG ist gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2008 zertifiziert. Das ENSI führte eine Inspektion der Regelungen im Managementsystem zu Beschaffung und Kundenkompetenz durch. Die Kompetenz eines Kernanlagenbetreibers, die Qualität der Leistungen von Lieferanten – einschliesslich des Anlagenherstellers – zu beurteilen, ist eine Voraussetzung, um die gesetzliche Verantwortung für die Sicherheit der von ihm betriebenen Anlage wahrnehmen zu können. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

Im Berichtsjahr bestanden fünf Reaktoroperateur-Anwärter des KKG die Abschlussprüfung der kern-technischen 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 Schichtchefs des KKG legten ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten

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

Das ENSI hat eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2013 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2014 der Abteilung Betrieb durchgeführt. Gegenstand waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator, die allgemeine Wiederholungsschulung sowie deren Änderungen und Neuerungen. Ferner wurden die Ausbildung des Personals der Abteilung Elektrotechnik auf Einhaltung der Vorgaben der VAPK und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Die Ausbildungsprogramme des KKG erfüllen in den inspizierten Bereichen die Anforderungen.

3.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Die Abarbeitung der Forderungen aus der Sicherheitstechnischen Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2008 des Kernkraftwerks Gösgen erfolgte auch in diesem Jahr termingerecht. Im Kapitel 10.1 sind die Arbeiten beschrieben, welche im Bereich der PSA durchgeführt wurden.

3.9 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2014 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Erläuterungen zur 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	
	Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele				
Ebene 1	V	V	A	N
Ebene 2	V	V	A	N
Ebene 3	V	V	A	V
Ebene 4			N	N
Ebene 5			N	N
Integrität der Brennelemente			N	N
Integrität des Primärkreises		N	N	N
Integrität des Containments			N	
über- oder barrierenübergreifende Bedeutung		N	A	A

Sicherheitsbewertung 2014 KKG:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

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

Sicherheitsbewertung 2014 KKG: Schutzziel-Perspektive

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

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen richten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts. Sämtliche den Kategorien A (Abweichung) und höher zugeordneten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 3.1 bis 3.7 dargestellt.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

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

- das Fehlauflösen der Wellenschwingungsüberwachung des Generators,
- den Ausfall eines Harztrocknungsgebläses der Anlage zur Behandlung radioaktiver Abfälle,
- die Nichtverfügbarkeit einer Gebäudeabschlussarmatur,
- den Ausfall einer Edelgas-Messstelle,
- den Fehler in einem Skript des Leittechnik-Servicegeräts,
- die Risikoerhöhung durch die schnelle Leistungsreduktion, die durch den Fehler in einem Skript des Leittechnik-Servicegeräts verursacht wurde,
- das vom Datenblatt abweichende Verhalten elektronischer Bauteile der Steuerabstellungsmessung,
- die durch das erhöhte Risiko einer schnellen Leistungsreduktion bedingte Risikoerhöhung, die durch das vom Datenblatt abweichende Verhalten elektronischer Bauteile der Steuerabstellungsmessung verursacht wurde,
- die Risse am Schauglas eines Kühlmittelentgasers,
- die Risse an einer Leckölleitung einer Einspritzpumpe einer Kühlwasserdieselpumpe sowie
- die Risse an einer Kühlwasser- und einer Schmierölleitung eines Notstromdiesels

als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich Zustand und Verhalten der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Das ENSI beurteilt die Fehler bei der Planung einer Anlagenänderung und Anpassung der Betriebsvorschriften als Abweichung 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.



*Kernkraftwerk
Leibstadt.
Foto: KKL.*

4. Kernkraftwerk Leibstadt

4.1 Überblick

Im Betriebsjahr 2014 waren im Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) neben einer Reaktorschneitabschaltung am 5. Juli 2014 mehrere Leistungstransienten zu verzeichnen. Die Integrität des Primärcontainers war in der ersten Hälfte des Jahres durch sechs Bohrlöcher beeinträchtigt. Das ENSI stellt fest, dass das KKL die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten hat. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKL im Jahr 2014 hinsichtlich Auslegungs-Vorgaben als hoch, hinsichtlich Betriebs-Vorgaben sowie Zustand und Verhalten der Anlage als gut. Hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation beurteilt das ENSI die Sicherheit des KKL als ausreichend.

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.

Bis zum 12. Juli 2014 und nach dem Revisionsstillstand konnte die Anlage ohne Brennelementschaden betrieben werden. Ab dem 12. Juli 2014 bis zum Beginn des Revisionsstillstands wurde die Anlage mit einem Brennelementschaden betrieben. Der Revisionsstillstand 2014 dauerte 32 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 der Austausch von insgesamt 41 Steuerstäben sowie die Wartung und der Austausch von 15 Steuerstabantrieben, der Austausch von Druckluftbehältern zur Ansteuerung von Sicherheitsventilen, der Ersatz der Leittechnik im Bereich der Lüftungsanlage sowie die Durchführung einer Garantirevision des im Jahre 2012 installierten Generators.

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.

Die Menge radioaktiver Rohabfälle bewegte sich im mehrjährigen Mittel auf einem niedrigen Niveau. Das ENSI führte in allen Fachgebieten 74 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

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

4.2 Betriebsgeschehen

Das KKL verzeichnete in seinem 30. Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 88,7 % und eine Zeitverfügbarkeit von 91,0 %. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der letzten 10 Jahre sind im Anhang in Figur 1 dargestellt. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war hauptsächlich durch den Revisionsstillstand bedingt. Weiter erfolgten mehrere geplante Lastreduktionen für Steuerstabmusteranpassungen und Funktionsprüfungen. Am 5. Juli 2014 kam es infolge einer Fehlbedienung zu einer automatischen Reaktorschnellabschaltung. Mehrere der im Folgenden beschriebenen meldepflichtigen Vorkommnisse waren ebenfalls mit Leistungsänderungen verbunden. Während der Sommermonate musste die Reaktorleistung infolge hoher Umgebungstemperaturen an einzelnen Tagen um wenige Prozente reduziert werden.

Das Kernkraftwerk Leibstadt war vom 11. August bis zum 12. September 2014 zum Revisionsstillstand abgestellt.

Im Berichtsjahr 2014 waren neun meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Acht wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet. Das Vorkommnis vom 24. Juni 2014 wurde der Stufe 1 zugeordnet, weil fehlende Vorgaben bei der Installation von Handfeuerlöschern zu einer Beschädigung des Primärcontainments geführt hatten. Für die risikotechnische Beurteilung wird auf Kapitel 10 verwiesen.

■ Bei einem zweimonatlichen Funktionstest am 14. Januar 2014 wurde festgestellt, dass ein Einlassventil für die Ansteuerung eines Steuerstabes nicht innerhalb der spezifizierten Zeit öffnete. Beim betroffenen Einlassventil handelte es sich um dasselbe Ventil, das bereits im November 2013 als nicht funktionstüchtig geprüft worden war. Im Rahmen der Störungsbehebung im November 2013 konnte es zunächst als funktionstüchtig erklärt werden und galt somit als verfügbar. Bei der Prüfung im Januar 2014 konnte das Einlassventil zwar stets geöffnet werden. Die Laufzeiten waren jedoch grösser als zulässig. Weil diese Laufzeiten auch durch umgehend eingeleitete Instandhaltungsmaßnahmen nicht verbessert werden konnten, wurde der betroffene Steuerstab formell gemäss den Bedingungen der Technischen Spezifikation als nicht funktionstüchtig erklärt. Die Abschaltfunktion des Steuerstabs blieb dennoch gewährleistet, weil durch das gleichzeitige Öffnen eines weiteren Ventils der Steuerstab infolge des anstehenden Systemdruckes aus dem Reaktor-druckbehälter im Anforderungsfall in den Kern eingeschossen worden wäre.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde die Nichtverfügbarkeit eines Einlassventils für die Ansteuerung eines Steuerstabes vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheits-ebene 3 und das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

■ Zur gesicherten Durchführung von Arbeiten im Rahmen einer Divisionsrevision sollte am 5. Mai 2014 mit Hilfe eines Deckels die Ansaugöffnung des bereits freigeschalteten und nicht in Betrieb befindlichen Annulusabluftsystems verschlossen werden. Dabei wurde jedoch fälschlicherweise die Ansaugöffnung des in Betrieb befindlichen Annulusabluftsystems verschlossen. Das Abluftsystem fiel daraufhin aus und das Notabluftsystem lief auslegungsgemäss automatisch an. Da sich sowohl das Annulusabluftsystem als auch das Notabluftsystem die irrtümlicherweise verschlossene Öffnung als gemeinsame Ansaugöffnung teilen, konnte das Notabluftsystem den geforderten Unterdruck nicht herstellen. Erst nach dem Entfernen des Deckels konnte der im betroffenen Anlagenteil geforderte Unterdruck wieder hergestellt werden. Das Annulusabluftsystem sorgt als betriebliches

Abluftsystem im Normalbetrieb für eine gestaffelte Unterdruckhaltung zwischen verschiedenen Gebäudeteilen des Kernkraftwerks und ist zweifach vorhanden. Die angesaugte Luft aus dem Annulus, der durch das Primär- und Sekundärcontainment gebildet wird, wird im Normalbetrieb auf radioaktive Stoffe hin überprüft und über den Abluftkamin (unter Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte) an die Umgebung abgegeben. In einem zu unterstellenden Störfall wird die aus dem Annulus stammende Luft durch das Notabluftsystem abgesaugt und über Filter geführt, um in der Fortluft befindliche radioaktive Stoffe und Aerosole zurückzuhalten. Die Notabluftsysteme sind Sicherheitssysteme und ebenfalls zweifach vorhanden. Zum Zeitpunkt des Vorkommnisses befand sich die Anlage im Leistungsbetrieb. Der Ausfall des Annulusabluftsystems und der dadurch verursachte Start des Notabluftsystems hatten keinen Einfluss auf den Betrieb der Gesamtanlage. Nach dem Entfernen des Deckels wurde die Unterdruckhaltung im Annulus mittels manuellen und automatischen Regelungseingriffen innerhalb von 6 Minuten wieder normalisiert. Die Ursachenanalyse identifizierte eine missverständliche Arbeitsunterlage und die ungenügende Anwendung der geltenden Fehlervermeidungstechniken als Gründe für das Verschliessen der falschen Ansaugöffnung.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde die ungenügende Druckdifferenz zwischen Annulus und Atmosphäre vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 3 sowie das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe». Der Ausfall beider Notabluftsysteme wurde der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugerechnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe». Die missverständliche Arbeitsunterlage wurde ebenfalls in die Kategorie A (Abweichung) eingeordnet – als Aspekt der Betriebs-Vorgaben mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 3 sowie das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe». Schliesslich ordnete das ENSI die ungenügende Anwendung der Fehlervermeidungstechniken der Kategorie A (Abweichung) zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von



Messen der Strahlung.
Foto: KKL.

Mensch und Organisation mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.

- Am 24. Juni 2014 wurde bei einer Begehung im Primärcontainment auf der Ebene +28 m festgestellt, dass die Halterungen für zwei Handfeuerlöscher mittels wanddurchdringender Bohrungen und Verschraubungen an der Stahlwand des Primärcontainments angebracht waren. In einem Fall fanden sich in unmittelbarer Nähe der für die Befestigung benutzen Löcher zwei weitere, durchgängige Bohrlöcher. Eines davon war offen, im anderen befand sich eine Schraube mit abgebrochenem Kopf. Die Löcher hatten einen Durchmesser von 5,5 mm. Die Halterungen wurden umgehend entfernt und alle Bohrungen provisorisch mittels Schrauben und Dichtungen verschlossen. Zusätzlich wurde geprüft, ob sich an der Innenseite des Primärcontainments weitere, in unzulässiger Weise angebrachte Komponenten befanden. Dabei ergaben sich keine Befunde.

Das KKL hat durch umgehend eingeleitete Analysen den Nachweis der Strukturintegrität des Primärcontainments und der Einhaltung der Dosisgrenzwerte für die massgeblichen Störfälle erbracht. Auch unter der Annahme konservativer Randbedingungen konnte gezeigt werden, dass das Primärcontainment den postulierten

Störfallbelastungen standgehalten hätte und es im Ereignisfall zu keiner Überschreitung der radiologischen Grenzwerte gekommen wäre. Die durch die Bohrlöcher ausgetretenen radioaktiven Stoffe wären vom Sekundärcontainment zurückgehalten worden. Die Luft aus dem Sekundärcontainment wäre via Notabluftsystem gefiltert über den Kamin abgegeben worden.

Der auslegungsgemässe Zustand des Primärcontainments wurde am 18. Juli 2014 durch eine Schweisssreparatur gemäss den massgeblichen Vorgaben des ASME-Codes wieder hergestellt. Die Reparatur war vom ENSI freigegeben worden und fand unter Überwachung durch den SVTI statt.

Die Ursachenabklärung ergab, dass die beiden Handfeuerlöscher bereits 2008 montiert worden waren. Da die Befestigung bei sich in den Halterungen befindlichen Feuerlöschern nicht sichtbar ist, war der Fehler nicht offensichtlich. Das offene Bohrloch und die abgebrochene Schraube waren zudem von einer der Halterungen verdeckt. Die Montage der Handfeuerlöscher fand nach dem für die nicht nuklearen Teile der Anlage massgeblichen Instandhaltungsprozess statt. Ihre Bedeutung für die nukleare Sicherheit wurde nicht erkannt. Die Montage erfolgte durch einen Servicemonteureiner Fremdfirma. Die Überwachung der Arbeiten durch das KKL war unzureichend. Daher wurde die Beschädigung des Containments weder verhindert noch unmittelbar nach der Montage der Feuerlöscher erkannt.

Bereits 2009 und 2010 hat das KKL unabhängig von diesem Vorkommnis die Betreuung und Schulung externer Mitarbeiter erweitert. Nach dem Vorkommnis erfolgten Ergänzungen des Instandhaltungsprozesses für die nicht nuklearen Teile der Anlage. Neu ist bei der Planung zu prüfen, ob eine Bedeutung für die nukleare Sicherheit vorliegt. Weiter wurde ein spezieller Teilprozess für Handfeuerlöscher und Wasserlöschposten erstellt.

Das Vorkommnis wurde vom ENSI aufgrund der unzureichenden Prozessvorgaben und der Mängel bei der Qualitätssicherung auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 1 zugeordnet. Beides sind Aspekte der Sicherheitskultur. Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde die Nichterfüllung begrenzender Betriebsbedingungen bezüglich Containmentintegrität vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungs-

skala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Barriere 3 sowie das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe». Der nicht auslegungsgemässe Zustand der Stahldruckschale wurde der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugewiesen – ebenfalls als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die 3. Barriere sowie das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe». Die Einführung und Betreuung externer Mitarbeiter wurde der Kategorie A (Abweichung) zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung. Auch die Instandhaltungsprozesse wies das ENSI der Kategorie A (Abweichung) zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.

■ Für eine geplante Stabmusteranpassung und einen Steuerstabintegritätstest wurde am 5. Juli 2014 die thermische Reaktorleistung manuell von 100 % auf rund 80 % reduziert. Dazu wurde der Neutronenflussregler wie vorgesehen auf Handbetrieb umgeschaltet. Um die Reaktorleistung während der Stabmusteranpassung bei konstant 80 % zu halten, wurde der Neutronenflussregler nach der Leistungsreduktion wieder auf automatischen Betrieb umgeschaltet. Im automatischen Betrieb dient das Ausgangssignal des Hauptreglers dem Neutronenflussregler als Sollwert. Um eine Regelabweichung im Moment des Umschaltens zu vermeiden, müssen Hauptregler und Neutronenflussregler vorgängig abgeglichen werden. Da dieser Abgleich nicht erfolgte, entsprach das Ausgangssignal des Hauptreglers immer noch einer Reaktorleistung von 100 %, was im Moment des Umschaltens des Neutronenflussreglers zum Sollwert wurde. Da die Reaktorleistung nur 80 % betrug, kam es zu einem raschen Öffnen der Umwälzmengenregelventile. Der durch die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit verminderte Dampfblasengehalt im Reaktor führte zu einem Anstieg des Neutronenflusses. Nach 3 Sekunden erreichte der Neutronenfluss 118 % des Nennwerts, was auslegungsgemäss zu einer Reaktor-schnellabschaltung führte. Infolge der Wärmekapazität des Brennstoffs folgt der Wärmestrom dem Neutronenfluss zeitlich verzögert. Daher betrug der maximale Wärmestrom aus dem

Brennstoff über die Hüllrohre an das Kühlmittel nur 87 % der thermischen Nennleistung des Reaktors. Die Hauptursache für die Fehlhandlung war die nicht konsequente Anwendung des Vier-Augen-Prinzips. Der überwachende Operateur bemerkte den vom ausführenden Operateur unterlassenen Reglerabgleich nicht. Die Überwachung war wie vorgeschrieben angeordnet worden, da der ausführende Operateur die Schalthandlungen zwar am Simulator geübt hatte, aber erstmalig im Kommandoraum vornahm.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde die ungenügende Anwendung der Fehlervermeidungstechniken der Kategorie A (Abweichung) zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung. Die durch die automatische Reaktorschnellabschaltung bedingte Risikoerhöhung wurde der Kategorie A (Abweichung) zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.

- Am 12. Juli 2014 wurde mittels der permanenten radiologischen Prozessüberwachung ein Anstieg der Edelgasaktivität im Abgasstrom festgestellt. Die nachfolgenden Analysen des Isotopenverhältnisses Xe-133 zu Xe-135 wiesen auf einen Brennelementschaden hin. Mit einer geplanten Leistungsreduktion auf 80 % und gezielten Steuerstabbewegungen wurde die Steuerstabzelle mit dem schadhaften Brennelement lokalisiert. Um die Leistung dieses Brennelements zu reduzieren und dadurch eine Vergrößerung des Schadens zu vermeiden sowie die Freisetzung von I-131 ins Kühlmittel zu reduzieren, wurde der Steuerstab der betroffenen Zelle eingefahren. Der Brennstoffschaden hatte keine weitere Beeinträchtigung des Anlagebetriebes bis zur Revisionsabstellung 2014 zur Folge. Weitere Angaben zum betroffenen Brennelement finden sich in Kapitel 4.3.3.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde der Zustand der Brennelemente im 30. Zyklus vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die 1. Barriere und das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Am 8. Oktober 2014 kam es durch das unerwartete Öffnen beider Umwälzregelventile zu einem Anstieg des Kerndurchsatzes und damit zu einem kurzzeitigen Anstieg des Neutronenflusses und der Reaktorleistung bis auf maximal 116 % des Nennwerts. Der Neutronenfluss blieb um 2 % unter dem Grenzwert für eine sofortige Reaktorschnellabschaltung. Nach der Umschaltung des Neutronenflussreglers durch die Schichtmannschaft auf Handbetrieb fuhr der Betriebskennfeld-Begrenzer die Umwälzregelventile automatisch teilweise zu. Dieser Begrenzer vergleicht den aktuellen Neutronenfluss im Reaktorkern mit einem festgelegten Grenzwert. Anschliessend stellte die Schichtmannschaft mit dem Durchflussregler die thermische Nennleistung des Reaktors wieder auf 3600 MW ein. Um den Reaktordruck während der Leistungstransiente zu regeln, wurde der überschüssige Frischdampf während 40 Sekunden über den Bypass direkt in den Kondensator abgeführt. Die Vorgaben der Technischen Spezifikation zu den thermischen Limiten des Reaktorkerns wurden eingehalten. Der für die Betriebsgrenze OLMCPR vorgeschriebene Minimalwert wurde kurzfristig unterschritten, der Sollzustand aber innerhalb der durch die Technische Spezifikation gesetzten Frist wieder erreicht. 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. Die Ursache für das fehlerhafte Öffnen der Umwälzregelventile war ein infolge einer mangelhaft ausgeführten Lötstelle nicht korrekt funktionierendes Netzgerät. Sie wurde bei der Analyse des Vorkommnisses vom 15. Oktober 2014 erkannt. Das betroffene Gerät wurde ausgetauscht.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde die Verletzung des Betriebsgrenzwertes OLMCPR vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».



■ Am 15. Oktober 2014 wurde eine Speisewasserpumpe nach Unterhaltsarbeiten zu einem Probelauf gestartet. Infolge des beim Anfahren der Pumpe erhöhten Strombedarfs kam es wie erwartet zu einer kurzzeitigen Abnahme der Spannung auf der Schiene, welche die Pumpe versorgt. Die Umwälzregelung reagierte in anomaler Weise auf den Spannungseinbruch. Ein Regelventil fuhr vorübergehend zu und erreichte nach 31 Sekunden wieder die Ausgangsstellung. Das andere Regelventil wurde automatisch in seiner Ausgangsstellung blockiert. Der dadurch verminderte Kerndurchsatz führte zu einer vorübergehenden Abnahme des Neutronenflusses und der Reaktorleistung um etwa 17 %. Das unterschiedliche Verhalten der Regelventile führte zu einer vorübergehenden Differenz zwischen den Durchflüssen der Umwälzkreisläufe von bis zu 35 %. Die maximal zulässige Differenz von 10 % wurde innerhalb der von der Technischen Spezifikation vorgegebenen Frist wieder erreicht. Die Ursache für das anomale Verhalten der Umwälzregelung war ein infolge einer mangelhaft ausgeführten Lötstelle nicht korrekt funktionierendes Netzgerät. Das betroffene Gerät wurde ausgetauscht. Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde die ungeplante Leistungsreduktion vom ENSI der Kategorie A (Abweichung)

der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität» und «Kühlung der Brennelemente».

■ Am 18. Oktober 2014 wurde im Kommandoraum für den Antrieb eines vollständig ausgefahrenen Steuerstabs eine erhöhte Temperatur angezeigt. Die massgebliche Vorschrift sieht für diesen Fall vor, durch einen Ausfahrbefehl den Kühlwasserdurchfluss im Antrieb zu erhöhen. Bei einem vollständig ausgefahrenen Steuerstab kommt es dabei nicht zu einer Stabbewegung. Irrtümlicherweise ordnete der Operateur die erhöhte Temperatur einem anderen Steuerstab zu und gab den Ausfahrbefehl, ohne zu bemerken, dass jener Stab nicht vollständig ausgefahren war. Nach vier Schritten stoppte das Stabmusterkontrollsystem das Ausfahren auslegungsgemäss. Durch das Ausfahren des Steuerstabes kam es zu einem Anstieg der thermischen Reaktorleistung um 22 MW. Nachdem die Betriebschicht die Abweichung erkannt hatte, wurde der Steuerstab sofort wieder in die ursprüngliche Position eingefahren. Die Vorgaben der Technischen Spezifikation wurden eingehalten. Eine Schnellabschaltung der Reaktors wäre im Anforderungsfall jederzeit gewährleistet gewesen. Die Ursachen des Vorkommnisses waren

die ungenügende Anwendung der vorgeschriebenen Fehlervermeidungstechniken.

Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde die Verwechslung von Steuerstäben bei der Reaktion auf eine erhöhte Temperatur des Steuerstabantriebs vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 2 und das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

- Am 17. November 2014 kam es durch eine Störung in der Spannungsversorgung eines Steuerstrangs der Turbinenregelung zum Schliessen eines der beiden Umwälzregelventile für den Kerndurchfluss. Dies bewirkte eine Reduktion der Reaktorleistung um 11 %. Da die Stellung des zweiten Umwälzregelventils unverändert blieb, kam es zu einer Durchflussabweichung zwischen den beiden Umwälzkreisläufen, die von der Betriebsmannschaft innerhalb der von der Technischen Spezifikation vorgegebenen Zeit korrigiert wurde. Anschliessend wurde die Reaktorleistung wieder auf 100 % erhöht. Nach dem Vorkommnis wurde die zweikanalig ausgeführte Turbinenregelung einkanalig betrieben, was gemäss Auslegung der Anlage zulässig ist. Im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung wurde die Durchflussdifferenz zwischen den beiden Umwälzkreisläufen vom ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität» und «Kühlung der Brennelemente».

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 der Art *Legionella pneumophila* festgestellt. Die Werte im Wasser der Kühlturmtasse lagen wiederholt bei rund 100 000 koloniebildenden Einheiten pro Liter Wasser. Legionellen sind die Verursacher der Legionärskrankheit. In regelmässigen Abständen wurden die Mitarbeitenden des KKL über den Zustand des Hauptkühlwassers und über die notwendigen Schutzmassnahmen informiert.

Im Dezember 2013 hatte das ENSI unter Einbezug der jeweils zuständigen Fachbehörden die Freigabe zum versuchsweisen Einsatz von Chlordioxid zur Desinfektion des KKL-Hauptkühlwassers bis zur Jahreshauptrevision im August 2014 erteilt. Das Chlordioxid wurde vor Ort erzeugt und dem Hauptkühlwasser über die Kühlturmtasse zugegeben. Es hatte sich gezeigt, dass das Chlordioxid in bestimmten Bereichen des Hauptkühlwassersystems die gewünschte desinfizierende Wirkung nicht erreichen konnte. Das KKL beendete den Einsatz von Chlordioxid und beabsichtigt, bis zur Jahreshauptrevision 2015 wieder das schon vorgängig eingesetzte Natriumhypochlorit zur Desinfektion zu verwenden.

4.3 Anlagetechnik 2014

4.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstands vom 11. August bis zum 12. September 2014 wurden geplante Instandhaltungsarbeiten sowie Inspektionen an mechanischen und elektrischen Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen sowie wiederkehrende Funktionsprüfungen und Begehungen an Komponenten und Systemen durchgeführt. Von besonderer Bedeutung waren die folgenden Prüfungen:

- Die Weld-Overlay-Schweissung an einem N5-Stutzen wurde mittels qualifiziertem Prüfverfahren mechanisiert geprüft. Im Vergleich zur Basismessung nach der Reparatur im Jahr 2012 zeigten sich keine Veränderungen der Anzeigen und keine neuen Befunde.
- Mischverbindungen in RDB-Stutzenanschlüssen sowie eine Mischnaht am Nach- und Notkühlsystem wurden mechanisierten Ultraschallprüfungen unterzogen. An der geprüften Mischnaht des Nach- und Notkühlsystems wurden zwei bewertungspflichtige Anzeigen identifiziert. Wie die Bewertung gezeigt hat, sind die beiden Anzeigen zulässig. Wie das ENSI bei einer Inspektion feststellte, wurden bei der Datenaufnahme nicht qualitätsgesicherte Dokumente verwendet. Diesen Sachverhalt hat das ENSI im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zugeordnet – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die 2. Barriere sowie die Schutzziele «Kühlung der Brenn-

elemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe». Das Qualifizierungsverfahren wurde nach der Prüfung abgeschlossen und die erfolgreiche Qualifizierung von der Qualifizierungsstelle bestätigt, so dass die Ergebnisse der Prüfung vom ENSI anerkannt werden konnten. Das KKL hat den Prozess der Qualifizierung weiter zu verbessern, so dass in Zukunft die Qualifizierung des Prüfverfahrens vor dessen Einsatz im Kraftwerk vollständig abgeschlossen ist.

- Die Rund- und Kreuznähte in der RDB-Bodenkassette und im RDB-Deckel sowie die Stützeinschweissnähte im RDB-Deckel wurden mit einem mechanisierten Ultraschallprüfsystem auf Längs- und Querfehler geprüft. Am RDB-Deckel konnten drei aus vorherigen Prüfungen bereits bekannte Anzeigen neu vermessen und bewertet werden. Die Anzeigen wurden als zulässig gemäss gültiger Bauvorschrift bewertet.
- Die Einbauten des Reaktordruckbehälters wurden mit einem Kamerasystem einer qualifizierten visuellen Prüfung unterzogen. Es wurden keine neuen Auffälligkeiten festgestellt. Der Bereich mit den im Jahr 2012 festgestellten rissartigen Anzeigen am Kernmantel wurde erneut geprüft und die Ergebnisse mit den Daten aus 2012 verglichen. Es wurde keine Veränderung der Anzeigen festgestellt.

Nachfolgend sind einige der sicherheitstechnisch bedeutsamen Anlagenänderungen erwähnt, welche vom ENSI vorgängig geprüft und freigegeben worden sind:

- Zur Erhöhung der Erdbebenfestigkeit wurde die Störfallinstrumentierung im Kamin neu platziert.
- Die Erregung eines Notstromgenerators wurde ersetzt.
- In einer Division des Notstandsystems wurden verschiedene Signalumformer ersetzt.
- Der Blitzschutz im Bereich der gefilterten Druckentlastung des Containments wurde verbessert.
- Mehrere Batterien in der Gleichstromversorgung der Notstromsysteme wurden ausgetauscht. Dabei wurden teilweise Batterien mit höherer Kapazität eingebaut.
- Zur Erhöhung der Systemverfügbarkeit im Anforderungsfall wurden Logik und Steuerung des Trip- und Drosselventils des Reaktorkernisolation-Kühlsystems erweitert.
- An den Explosionsventilen des Vergiftungssystems wurden Überwachungsvorrichtungen ersetzt. Das Vergiftungssystem schaltet den Reaktor bei einem Versagen der Steuerstäbe im Anforderungsfall durch Boreinspeisung ab.

Ebenso erfolgte in der Revision 2014 die abschliessende Inbetriebnahme der störfallfesten Messungen für die Temperatur und den Füllstand im Brennelementlagerbecken.

Im Revisionsstillstand 2014 wurden auch zahlreiche nicht freigabepflichtige Anlageänderungen vorgenommen, zwecks Verbesserung der Verfügbarkeit und Modernisierung der Anlage. Hierzu gehören unter anderem:

- Die Vor-Ort-Temperaturanzeigen der Reinigungssysteme für das Reaktorwasser und das Kondensationsbeckenwasser wurden ersetzt. Neu werden diese Temperatursignale durch das Anlageinformationssystem erfasst und Grenzwertüberschreitungen im Kommandoraum alarmiert.
- Eine erhöhte Differenz zwischen Frischdampf- und Speisewassermenge wird neu im Anlageinformationssystem alarmiert. Diese Alarmierung gehört zur Sicherheitsebene 2 und erfolgt vor der Auslösung von Sicherheitssystemen der Sicherheitsebene 3.
- Die Leittechnik verschiedener Lüftungsanlagen wurde ersetzt. Zusätzliche Bedienungsmöglichkeiten von Lüftungsklappen über das Anlageinformationssystem wurden geschaffen.
- Die Erneuerung der Brandschutzanlage wurde fortgesetzt.
- Die pneumatischen Regel- und Messeinrichtungen der Bypass-Wassereinspritzung wurden durch elektronische Geräte ersetzt. Die Wassereinspritzung dient der Kühlung des über die Turbinen-Bypassventile abgeführten Dampfes vor dem Eintritt in den Kondensator.

Ebenso erfolgten umfangreiche Vorarbeiten, um künftige Projekte und Anlagenänderungen, welche im Leistungsbetrieb nicht durchgeführt werden können, schneller und ohne Einfluss auf die Sicherheit der Anlagen umsetzen zu können

4.3.2 Anlageänderungen

Die Bauarbeiten an der neuen Aktivlagerhalle für kontaminierte Grosskomponenten wurden im Berichtsjahr fortgesetzt. Das Gebäude für die Frequenzrichter der geplanten neuen Reaktorumwälzpumpen wurde fertiggestellt. Ebenso erfolgte während den Divisionsrevisionen alterungsbedingt ein Austausch der Generator-Erregung in zwei von drei Notstromdivisionen.

4.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Zum Ende des 30. Zyklus (2013/2014) liessen Aktivitätsfreisetzung im Primärkreislauf eindeutig auf einen Brennelementschaden schliessen. Mittels Teleskop-Sipping während der Jahreshauptrevision 2014 wurde ein Brennelement des Typs SVEA-96 Optima2 nach erster Standzeit als defekt identifiziert. Die Klärung der Ursache war Ende 2014 noch nicht abgeschlossen. Die bisherigen Untersuchungen lieferten keinen Hinweis auf eine systematische Ursache für die Brennelementschäden der letzten Zyklen. Das defekte Brennelement kam im 31. Zyklus nicht zum Einsatz.

Für den 31. Zyklus wurden insgesamt 112 frische Brennelemente des Typs SVEA-96 Optima2 eingesetzt. Ausserdem wurden 37 Steuerstäbe aus der Erstausrüstung durch solche des Typs CR82M-1 ersetzt. Der Reaktorkern besteht aktuell aus 222 ATRIUM-10XM-, 410 SVEA-96-Optima2-, 8 SVEA-96-Optima3- und 8 ATRIUM-11-Brennelementen. Das ENSI hat sich davon überzeugt, dass das KKL nur neue Brennelemente einsetzt, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.

Im Jahr 2014 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. Am 8. Oktober 2014 (siehe auch Kap. 4.2) kam es zu einer kurzzeitigen Überschreitung eines thermischen Betriebsgrenzwertes. Durch die umgehend eingeleiteten Korrekturmassnahmen wurde der Betriebsgrenzwert innerhalb der vorgeschriebenen Zeit wieder unterschritten. Der Reaktorkern wurde im Berichtszeitraum stets im bewilligten Rahmen betrieben. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen kurz vor dem Wiederanfahren nach der Revisionsabstellung 2014 stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernausslegungsberechnungen überein.

4.4 Strahlenschutz

Die während des Kalenderjahrs 2014 im KKL akkumulierte Kollektivdosis betrug 1478 Pers. mSv. Es ist ein Trend zu höheren Kollektivdosen erkennbar,

der genauer zu verfolgen sein wird. Die höchste Individualdosis betrug 12,2 mSv. Alle Individualdosen lagen unter dem Dosisgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die sich nicht mit einfachen Mitteln entfernen liessen. Inkorporationen von radioaktiven Stoffen oberhalb der Triageschwelle waren ebenfalls keine zu verzeichnen.

Die Abgas- und Reaktorwasseranalysen vor der Revision zeigten einen Brennelementschaden an. Das Vorgehen beim Abfahren der Gesamtanlage wurde so angepasst, dass der Aktivitätseintrag in das Abfahrkühlsystem möglichst gering ausfiel. Die Primäranlage wurde, sobald dies technisch zulässig war, isoliert, um eine allfällige Ausbreitung von radioaktivem Material in den Sekundärteil der Anlage zu minimieren. Die Wasserstoffeinspeisung wurde bereits drei Tage vor Revisionsbeginn abgestellt, wodurch der Übertrag von Iod aus der Wasser- in die Dampfphase von 8 % auf 1 % reduziert werden konnte.

Die Dosisprognose für die gesamte Revision betrug 1100 Pers.-mSv, die gemessene Kollektivdosis 1080 Pers.-mSv. Trotz des Brennelementschadens konnte die Planung eingehalten werden. Der radiologische Zustand im Primärteil der Anlage hatte sich im Vergleich zum Vorjahr nicht wesentlich verändert. Die getroffenen Massnahmen hatten in den Räumen des Abfahrkühlsystems sogar zu einer Abnahme der Dosisleistung geführt. Die Anzahl der Hotspots in der Anlage war im Vergleich zu den Vorjahren rückläufig, was auf die Umstellung des Wassermanagements während der Revision zurückgeführt werden kann. In der Jahreshauptrevision 2014 wurden das Hotwell sowie die Dampfkammer des Kondensators erfolgreich dekontaminiert.

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

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser ohne Tritium. Die Tritium-Abgaben des KKL betragen rund 7 % des Jahresgrenzwertes. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben Übereinstimmung mit den vom KKL gemeldeten Analyseergebnissen. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahres-

dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKL unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen rund 0,003 mSv für Erwachsene und für Zehnjährige sowie 0,006 mSv für Kleinkinder und liegen damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv pro Jahr. Die Dosisleistungsmesssonden 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 1,4 mSv einen vergleichbaren Wert wie im Vorjahr (1,6 mSv). Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKL wurden ebenfalls keine signifikanten Veränderungen festgestellt. Die in Artikel 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten. Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des KKL wird auf den Strahlenschutzbericht 2014 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 40 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 KKL vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Ihr Bestand liegt mit 11 m³ im Erfahrungsreich der vergangenen Jahre. Brennbar 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 behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden verbrauchte Harze und Konzentrate in zwei Kampagnen zementiert.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKL nutzt zudem die Kapazitäten der Zwiilag. Bei der jährlichen Inspektion des Lagergutes wurden keine meldepflichtigen Befunde 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 35 t Material freigemessen.

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 Juni 2014 an der Werksnotfallübung SOPHIE die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Für die Übung wurde folgendes Szenario angenommen: Bei einer Steuerstabmusteranpassung verklemmte sich ein Steuerstab. Dadurch wurden zwei Brennelemente angehoben und beschädigt. Die Brennelementschäden vergrösserten sich kontinuierlich, weil der Kühlmitteldurchfluss durch die betroffenen Brennelemente stagnierte. Ein zusätzlicher kleiner Kühlmittelverlust im Drywell gab Anlass zum Abfahren der Anlage. Der Kühlmittelverlust führte zu einem Kurzschluss im Anspeisekabel eines Sicherheitsventils. Der Sicherheitsautomat versagte, worauf der Kurzschlusschutz der batteriegestützten Gleichstromversor-

gung ansprach. Zwei Stunden nach Beginn des Brennelementschadens stieg die Dosisleistung im Containment an. Nach der Räumung der Primäranlage wurde eine Person vermisst. Sie wurde gesucht und gerettet. Der Betreiber hat unter anderem Verbesserungspotenzial in der Schulung neuer Personen, die die Funktion Notfallleiter und Stabschef übernehmen, 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 vorgeschriebene Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes bestätigt wurde.

4.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr hat das KKL den Personalbestand weiter leicht auf 551 Personen, welche 538 Vollzeitstellen besetzten, erhöht (Ende 2013: 549). Dies ist unter anderem auf den Personalbedarf für laufende und geplante Projekte sowie mit der Einarbeitung neuer Mitarbeiter und den Know-how-Transfer (Überlappungszeiten) zurückzuführen. Das KKL hat im Jahr 2014 keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen. Aufgrund der Häufung von Vorkommnissen im Jahr 2014, deren Ursachen nicht im technischen Bereich (Auslegung, Systeme und Komponenten) der Anlage, sondern im Bereich Mensch und Organisation lagen, hat das ENSI vom KKL Abklärungen verlangt, deren Ergebnisse einen Aufsichtsschwerpunkt im Jahr 2015 bilden werden.

Das Managementsystem des KKL ist gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2008 zertifiziert. Das ENSI führte eine Inspektion der Regelungen im Managementsystem zu Beschaffung und Kundenkompetenz durch. Die Kompetenz eines Kernanlagenbetreibers, die Qualität der Leistungen von Lieferanten – einschliesslich des Anlagenherstellers – zu beurteilen, ist eine Voraussetzung, um die gesetzliche Verantwortung für die Sicherheit der von ihm betriebenen Anlage wahrnehmen zu können. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

Im Berichtsjahr bestanden zwei Reaktoroperateur-Anwärter des KKL die Abschlussprüfung der kern-

technischen 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.

Fünf Reaktoroperateure 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 2013 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2014 der Abteilung Betrieb durchgeführt. Gegenstände der Inspektion waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator, die allgemeine Wiederholungsschulung sowie deren Änderungen und Neuerungen. Ferner wurde die Ausbildung des Personals der Abteilung Elektrotechnik auf Einhaltung der Vorgaben der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen. (VAPK) und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Die Ausbildungsprogramme des KKL in den inspierten Bereichen erfüllen die Anforderungen.

4.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Das ENSI hatte im Zusammenhang mit der im Jahre 2006 eingereichten Periodischen Sicherheitsüberprüfung eine Reihe von Forderungen erhoben. Diese Forderungen wurden inzwischen erfüllt. Das KKL reichte die noch ausstehenden Analysen im Bereich der PSA im Jahr 2014 fristgerecht ein.

4.9 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2014 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Erläuterungen zur 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	
	Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele				
Ebene 1		A	A	V
Ebene 2		V	V	A
Ebene 3		A	A	N
Ebene 4			N	N
Ebene 5			N	N
Barrieren				
Integrität der Brennelemente		N	A	N
Integrität des Primärkreises			N	A
Integrität des Containments			A	
ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung		V	A	1*

* Diese Zellenbewertung berücksichtigt die Hochstufung des Vorkommnisses vom 24. Juni 2014 aufgrund von Sicherheitskultur-Aspekten.

Sicherheitsbewertung 2014 KKL:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele				
Kontrolle der Reaktivität		V	A	A
Kühlung der Brennelemente			A	A
Einschluss radioaktiver Stoffe		A	A	A
Begrenzung der Strahlenexposition		V	N	N
schutzzielübergreifende Bedeutung		V	A	1*

* Diese Zellenbewertung berücksichtigt die Hochstufung des Vorkommnisses vom 24. Juni 2014 aufgrund von Sicherheitskultur-Aspekten.

Sicherheitsbewertung 2014 KKL: Schutzziel-Perspektive

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

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen richten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts. Sämtliche den Kategorien A (Abweichung) und höher zugeordneten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 4.1 bis 4.7 dargestellt.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

Auslegungs-Vorgaben

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

Betriebs-Vorgaben

Das ENSI beurteilt die missverständliche Arbeitsunterlage, die zum Verschliessen einer Ansaugöffnung des Annulus- und des Notabluftsystems beigetragen hatte, als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich Betriebs-Vorgaben als gut.

Zustand und Verhalten der Anlage

Das ENSI beurteilt

- die Nichtverfügbarkeit eines Einlassventils für die Ansteuerung eines Steuerstabs,
- die ungenügende Druckdifferenz zwischen Annulus und Atmosphäre,
- den Ausfall beider Notabluftsysteme,
- die Nichterfüllung begrenzender Betriebsbedingungen bezüglich Containmentintegrität,
- den nicht auslegungsgemässen Zustand der Stahldruckschale,
- die Risikoerhöhung aufgrund der automatischen Reaktorschnellabschaltung,
- den Zustand der Brennelemente im 30. Zyklus,

- die Verletzung des thermischen Betriebsgrenzwerts OLM CPR,
- die ungeplante Leistungsreduktion und
- die Durchflussdifferenz zwischen den beiden Umwälzkreisläufen

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

Das ENSI beurteilte in zwei Fällen die ungenügende Anwendung vorgeschriebener Fehlervermeidungstechniken sowie in einem Fall die Verwendung nicht qualitätsgesicherter Dokumente bei der Datenaufnahme im Rahmen mechanisierter Ultraschallprüfungen als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit.

Die unzureichende Einführung und Betreuung externer Mitarbeiter sowie die im Jahr 2008 geltenden Instandhaltungsprozesse beurteilte das ENSI als Abweichungen, die in ihrem Zusammenwirken die Hochstufung des am 24. Juni 2014 erkannten Vorkommnisses auf die Stufe 1 der internationalen Ereignisskala INES begründeten. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als ausreichend.



*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 Wiederaufarbeitung, das

Lagergebäude für mittelaktive Abfälle (MAA-Lager) und die Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle (SAA-Lager). Zum Zwischenlager gehören auch das Empfangsgebäude und die heisse Zelle. Im HAA-Lager wurden im Berichtsjahr zwei Transport- und Lagerbehälter (TL-Behälter) mit hochaktiven verglasten Abfällen aus der Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Leibstadt eingelagert. Das ENSI hat die entsprechenden Einlagerungsanträge geprüft und die Einlagerung freigegeben. Ende 2014 betrug der Lagerbestand im HAA-Lager 42 TL-Behälter, davon 7 CASTOR®- und 6 TN-Behälter mit insgesamt 364 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 Beladung des HAA-Lagers beträgt per Ende 2014 rund 20,5 %. 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 2014 betrug die Ausnutzung im MAA-Lager 32,9 % (Die neue Methodik für die Ermittlung des Lagerbestandes zählt jeden, auch teilbefüllten Lagercontainer anstatt das reine Gebindevolumen. Somit sind die neuen Werte anders berechnet als in früheren Berichten). 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.

aktiven Abfällen aus der Sammelstelle des Bundes (Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung), sofern diese keine Alphastrahler enthalten.

Betriebsabfälle aus den Kernkraftwerken, die nicht als verbrennbarer oder schmelzbarer Abfall direkt in der Plasma-Anlage verarbeitet werden können, werden hier zur 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 89 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 als inaktiv freigemessen.

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

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

5.2 Konditionierungsanlage

Die Konditionierungsanlage dient der Behandlung von schwachaktiven Abfällen aus dem Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke sowie von radio-

5.3 Plasma-Anlage

Aufgabe der Plasma-Anlage ist es, brenn- und schmelzbare schwachaktive Abfälle durch sehr hohe

Abfallfässer mit konditioniertem Inhalt.
Foto: Zwiilag.



Temperaturen in eine inerte Schlackenmatrix ohne organische Stoffanteile zu überführen. Dieses Produkt stellt nach entsprechender Verpackung eine zwischen- und endlagerfähige Abfallform dar. Zur Verarbeitung gelangen Abfälle aus dem Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke sowie aus Medizin, Industrie und Forschung.

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 780 Abfallfässern zu 160 konditionierten Gebinden ausdrückt.

5.4 Strahlenschutz

Im ZZL wurde 2014 eine Kollektivdosis von 18 Pers.-mSv akkumuliert. Sie lag damit bei 82,2% des geplanten Wertes von 21,9 Pers.-mSv. Die höchste registrierte Einzeldosis betrug 1,9 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. Das ENSI notiert jedoch steigende Abgaben an die Aare. 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



Transport- und Lagerbehälter am Kran.
Foto: Zwiilag.

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

Die Tätigkeiten in den Anlagen der 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 2014 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 2014 an der Stabsnotfallübung POSEIDON die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Das Übungsszenario sah vor, dass es im ZZL als Folge eines schweren Erdbebens in der Region Basel zu unterschiedlichen Schäden kam. Dabei handelte es sich um Risse an Fassaden des



Bürotraktes, ein Umkippen von Containern mit Schwefelsäure im Mehrzweckraum, den Ausfall der Behälterüberwachung und der IAEA-Kamera im Gebäude H, Verschiebungen an Lagercontainern im Gebäude M, einen Kurzschluss und Brand im Gebäude E sowie den Abriss der Rauchgasleitung im Gebäude V mit Ausbreitung von Rauchgasen in die Ofenhalle. Durch ein darüber hinaus supponiertes Nachbeben kam es in der Ofenhalle zu Leckagen an Propangas- und Sauerstoffleitungen und danach zu einer Explosion. Der Betreiber hat bei der Auswertung der Übung unter anderem Verbesserungspotenzial im Informationsfluss zwischen den einzelnen Stabsstellen im Zeitraum zwischen den Berichten identifiziert.

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

Im Jahr 2014 wurde auf die Auslösung eines Übungsalarms im ZZL verzichtet, da ein Fehlalarm eines Brandmelders zum Aufgebot des Notfallstabes geführt hatte. Somit konnte die vorgeschriebene Verfügbarkeit des Werksnotfallstabes bestätigt werden.

5.6 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr hat die Zwilag keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen. Die Belegschaft hat sich um 4 Personen auf 77 Perso-

nen, welche 73,25 Vollzeitstellen besetzen, erhöht. Das Personal der Zwilag hat im Berichtszeitraum rund 125 Ausbildungstage absolviert.

Das Managementsystem der Zwilag besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2008. Das ENSI führte eine Inspektion der Regelungen im Managementsystem zu Beschaffung und Kundenkompetenz durch. Die Kompetenz eines Kernanlagenbetreibers, die Qualität der Leistungen von Lieferanten – einschliesslich des Anlagenherstellers – zu beurteilen, ist eine Voraussetzung, um die gesetzliche Verantwortung für die Sicherheit der von ihm betriebenen Anlage wahrnehmen zu können. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

5.7 Vorkommnisse

Im Berichtsjahr waren hinsichtlich der nuklearen Sicherheit keine meldepflichtigen Vorkommnisse zu verzeichnen.

5.8 Gesamtbeurteilung

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Zwilag die verschiedenen Anlagen des zentralen Zwischenlagers im Jahr 2014 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
 Zwiilag (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 (BZL), 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.

In der Berichtsperiode waren keine gemäss Richtlinie ENSI-B03 meldepflichtigen Vorkommnisse zu verzeichnen. Durch den Betrieb der Kernanlagen des PSI gab es keine nennenswerten radiologischen

Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung. Die Sicherheit und somit der Schutz von Mensch und Umwelt war im Berichtsjahr gewährleistet.

Bei einigen langfristig angelegten Projekten des PSI ist wie nachstehend erläutert mit Verzögerungen zu rechnen; die nukleare Sicherheit wird gemäss heutigem Kenntnisstand dadurch aber nicht tangiert.

6.1 Hotlabor

Im Hotlabor werden hochradioaktive Substanzen im Labormassstab 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 wissen-

schaftliche Untersuchungen des Transportverhaltens von Radionukliden in Gesteinen.

Anfang Jahr wurden nach Abschluss entsprechender Untersuchungen gekapselte Brennstabsegmente des KKG planmässig an das Werk zurückgeschickt und neue Proben für weitere Untersuchungen entgegengenommen.

Im Hotlabor erfolgt auch die Konditionierung der radioaktiven 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 hatte das PSI im Jahr 2013 die neue Fixbox-3-Anlage in Betrieb genommen. Im Rahmen der Typenprüfung konnten im Berichtsjahr 4 Chargen planmässig verarbeitet werden.

Zudem erfolgt im Hotlabor die Behandlung der radioaktiven Abwässer des PSI-Ost. Da die Sammel-tanks Alterungserscheinungen aufwiesen, musste diese Anlage erneuert werden. In der Berichtsperiode wurden die alten Abwassertanks und Leitungen zerlegt und ausgebaut und die neuen Tanks wurden eingebaut. Anschluss und Inbetriebnahme sind für 2015 geplant. Bis dahin ist die Behandlung der radioaktiven Abwässer über ein provisorisches Ersatzsystem gewährleistet.

Im Jahr 2014 wurden insgesamt rund 11,1 t (Vorjahr 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.

Im März 2014 hat das ENSI sein Gutachten zum Gesuch des PSI um Erneuerung der Betriebsbewilligung des Hotlabors abgeschlossen und dem Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) überreicht. Der Ende 2014 vom PSI ersuchten Fristerstreckung für die im Gutachten geforderte Revision des Sicherheitsberichtes stimmte das ENSI zu, jedoch unter der Bedingung, dass dem neuen Sicherheitsbericht aktualisierte, auf akzeptierten Schadensbildern gestützte Störfallanalysen zugrunde gelegt werden. Der revidierte Sicherheitsbericht des Hotlabors muss dem ENSI bis Ende Mai 2015 zugestellt werden.

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. Die stillgelegte Anlage unterliegt der betrieblichen Überwachung und Instandhaltung im Hinblick auf deren Entlassung aus der Kernenergiegesetzgebung.

6.2.2 DIORIT

Die Rückbauarbeiten des DIORIT sind weitgehend abgeschlossen; Reaktor und biologischer Schild sind vollständig zurückgebaut. Im Berichtsjahr wurden die noch vorhandenen Stilllegungsabfälle behandelt. Insgesamt fielen 2014 im DIORIT rund 2,5 t (Vorjahr 14,7 t) Material an, das gemäss der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen und konventionell entsorgt wurde. Im März 2014 wurde die durch Asbest belastete Reaktorhalle durch eine Spezialfirma gereinigt, so dass der sogenannte Schwarzbereich in der Reaktorhalle aufgehoben werden konnte.

Per Ende 2014 befanden sich im DIORIT-Gebäude neben dem gut 22 t schweren, gering aktivierten stählernen «Arbeitsboden» des Reaktors noch knapp 2 t Aluminium-Stilllegungsabfälle aus dem Rückbau von DIORIT und SAPHIR, welche noch eingeschmolzen und anschliessend endkonditioniert werden müssen, sowie ein bereits mit Rückbauabfällen des DIORIT befüllter und mit Mörtel vergossener KC-T12-Container. Dieser Container wird nach dessen bevorstehenden Endkonditionierung im BZL

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	02.07.2014	–

eingelagert. Dabei handelt es sich voraussichtlich um den letzten Container dieses Typs. Weitere Abfälle aus dem DIORIT-Rückbau befinden sich im Hinblick auf eine künftige Freimessung zur Abklinglagerung in einer Halle der AERA (Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle, vgl. Kap. 6.3). Deren Inventar wird zurzeit aktualisiert (Kap. 6.3). Alle übrigen Abfälle aus dem DIORIT-Rückbau wurden entweder dekontaminiert, freigemessen und konventionell entsorgt oder endkonditioniert und in das BZL eingelagert (Kap. 6.3).

Bezüglich der künftigen Bestimmung der DIORIT-Gebäulichkeiten bzw. dem Abschluss der Stilllegung muss das PSI dem ENSI noch ein Konzept vorlegen.

6.2.3 PROTEUS

Im Berichtsjahr hat sich der Personalbestand in der seit April 2011 stillgelegten Reaktoranlage PROTEUS stabilisiert. Ende September 2014 hat das PSI die überarbeiteten Nachbetriebsunterlagen beim ENSI eingereicht. Nach Prüfung der Unterlagen hat das ENSI den Nachbetrieb unter Auflagen freigegeben. Per Ende 2014 hat das PSI auch die überarbeiteten Unterlagen für das Stilllegungsprojekt eingereicht. Auf Basis dieser Unterlagen wird das ENSI ein Gutachten z. Hd. des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) verfassen. Im Hinblick auf die Stilllegung bzw. auf den Rückbau der Kernanlage muss das PSI noch die Entsorgung des Kernbrennstoffs vornehmen. Diese Aufgabe muss mit hoher Priorität weiterverfolgt werden.

6.2.4 Versuchsverbrennungsanlage

Das UVEK hat am 2. Juli 2014 die Stilllegungsverfügung für die Versuchsverbrennungsanlage (VVA) erlassen. Danach ist die Anlage – wie im Stilllegungsprojekt beschrieben und unter Beachtung der in der Stilllegungsverfügung formulierten Auflagen – vollständig zurückzubauen. Mit den Rückbauarbeiten wurde im Berichtsjahr aber noch nicht begonnen, weil die vom ENSI geforderte Erneuerung der Fortluftüberwachungsanlage noch nicht erfolgt ist.

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 2014 wurden insgesamt rund 31,2 m³ (Vorjahr 35,5 m³) Abfälle bei der Bundessammelstelle angeliefert, davon 29,4 m³ (Vorjahr 34,0 m³) aus dem PSI und 1,73 m³ (Vorjahr 1,5 m³) aus der jährlichen Sammelaktion des Bundesamts für Gesundheit (BAG). Zusätzlich wurden 37 vorkonditionierte Stahlylinder mit vorwiegend tritiumhaltigen MIF-Abfällen angeliefert, deren Übertritt in den Aufsichtsbereich des ENSI vorgängig auf Basis der Richtlinie ENSI-B05 genehmigt wurde. Derartige Zylinder mit flüchtigen Abfällen werden routinemässig in der Industrie hergestellt. Sie sind als dicht verschweisste, prüfpflichtige Versandstücke qualifiziert und werden regelmässig bei der Bundessammelstelle am PSI abgeliefert.

Im Berichtsjahr wurden im Bereich der Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (AERA) wichtige Pendenzen erledigt; darunter sind insbesondere folgende Arbeiten hervorzuheben:

- Die Sanierung von 25 schadhafte Abfallgebinden mit dicht verschweissten flüchtigen radioaktiven Abfällen wurde abgeschlossen. Diese mittlerweile nachdokumentierten Gebinde werden dem ENSI noch zur Typengenehmigung vorgelegt.
- 459 Altgebinde wurden überprüft und bestehenden Spezifikationen zugewiesen. Bis auf 10 Restgebinde, für die noch ein Tolerierungsverfahren eingeleitet werden muss, sind nun alle am PSI gelagerten endkonditionierten Abfallgebinde dokumentiert und genehmigten Abfallgebindetypen zugewiesen.

- Die 14 Betoncontainer (BC), die sich seit mehreren Jahren in der Lagerhalle OAHA befanden, wurden triagiert. Die in den BC enthaltenen Rohabfälle wurden den zugehörigen Abfallströmen zugewiesen und zum Teil bereits konditioniert.
- Schliesslich wurden auch sämtliche, ebenfalls seit mehreren Jahren in der Lagerhalle OAHA aufbewahrten 45 Fässer aus dem DIORIT-Rückbau triagiert. Dabei konnte ein erheblicher Teil der Abfälle dekontaminiert, freigemessen und inaktiv entsorgt werden.

Daneben erfolgte die Behandlung radioaktiver Abfälle im üblichen Rahmen. Zu erwähnen ist dabei insbesondere die Endkonditionierung von 2 Beton-Kleincontainern vom Typ KC-T12, jeweils mit Stilllegungsabfällen aus dem Forschungsreaktor DIORIT bzw. mit Abfällen aus den Beschleunigeranlagen des PSI-West, sowie die Dekontamination diverser α -Boxen aus dem PROTEUS und aus dem Hotlabor. Schliesslich konnten 19,6 m³ (Vorjahr 7,77 m³) Material dekontaminiert und freigemessen werden.

Des Weiteren hat das PSI im Berichtsjahr eine Typengenehmigung für drei neue Abfallgebindetypen beim ENSI beantragt. Das Gesuch betrifft einen Typ mit Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF) sowie je einen Typ mit Stilllegungsabfällen des Reaktors PROTEUS (Kap. 6.2.3) sowie der Versuchsverbrennungsanlage (Kap. 6.2.4). Die Beurteilung des ENSI ist noch nicht abgeschlossen. Hingegen hat das ENSI Ende 2014 auf Basis revidierter Gesuchsunterlagen eine im Jahr 2012 beantragte Genehmigung für zwei andere Abfallgebindetypen des PSI (MIF und Hotlabor) erteilt.

Zur Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG wurden im Berichtsjahr keine neuen Abfallgebinde hergestellt oder abgeliefert. Der Bestand betrug per Ende 2014 unverändert 9 Sammelfässer zu 200 Liter.

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 30 bereits in den Jahren 2011 und 2012 endkonditionierte 200-Liter-Gebinde von den Lagerhallen des Betriebsgebäudes OBGA in das Bundeszwischenlager (BZL) überführt und eingelagert sowie 5 KC-T12-Container, wovon

drei bereits in der letzten Berichtsperiode endkonditioniert worden waren. Somit war der mit 200-Liter-Fässern belegte Raum per Ende 2014 mit 4890 Gebinden gefüllt, was einem Belegungsgrad von rund 80 % entspricht. Das Inventar im BZL-Container-Teil belief sich auf 91 endkonditionierte KC-T12/30. Zudem wurden in der Berichtsperiode 54 Stahlzylinder aus industrieller Fertigung im BZL eingelagert (Lagerung in KC-T12-Container). Insgesamt waren per Ende 2014 2221 derartige Stahlzylinder in 8 KC-T12-Containern im BZL gelagert.

In weiteren Hallen des Bereichs der Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (AERA) lagern entsprechend den betrieblichen Erfordernissen sowohl unkonditionierte als auch konditionierte Abfälle.

Das PSI setzt das gleiche elektronische Buchführungssystem wie die Kernkraftwerke ein, so dass die Information über Mengen, Lagerort und radiologische Eigenschaften der radioaktiven Abfälle jederzeit verfügbar ist. Das PSI berichtet dem ENSI vierteljährlich über die 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.

Die Fertigstellung der im Berichtsjahr 2013 vom ENSI geforderten neuen Sicherheitsberichte für das Betriebsgebäude OBGA und für das Abfalllabor OALA ist auf Ende 2015 terminiert; dazu hat das PSI eine externe Firma beauftragt.

In der Berichtsperiode hat das ENSI das PSI dazu aufgefordert, die Situation in den Lagerhallen OAHA, OAHB, OAHC und OAHD darzulegen und zu beurteilen. Das ENSI erwartet die entsprechende Stellungnahme des PSI bis Ende 2015. Das PSI hat in der Berichtsperiode die bis anhin in der Halle OAHA befindlichen radioaktiven Abfälle weitgehend verarbeitet, ausser einer gering kontaminierten Betonplatte und einem zur Abklinglagerung bestimmten Abfallgebinde (Kap. 6.3.1).

Die Beurteilung der vom PSI Ende September 2013 beim ENSI eingereichten neuen Störfallanalyse für das Bundeszwischenlager ist noch nicht abgeschlossen.

Am 27. Mai 2014 hat das PSI das angekündigte Bau- und Betriebsbewilligungsgesuch für den «Stapelplatz PSI OST, OSPA» beim BFE eingereicht. Im Hinblick auf die Ausarbeitung seines Gutachtens zuhanden des BFE hat das ENSI die Gesuchsunterlagen einer Grobprüfung unterzogen und dabei in einigen Bereichen Verbesserungs- resp. Ergänzungsbedarf festgestellt. Für seine abschliessende Beurteilung erwartet das ENSI die revidierten Gesuchsunterlagen bis Ende 2015.



Hotlabor.
Foto: PSI.

6.4 Strahlenschutz

Im Jahr 2014 akkumulierten die 1509 (Vorjahr 1446) beruflich strahlenexponierten Personen des PSI eine Kollektivdosis von 81,5 Pers.-mSv (2013: 71,4 Pers.-mSv). Davon stammen 19,4 Pers.-mSv aus dem Aufsichtsbereich des ENSI (2013: 13,6 Pers.-mSv) bei einer höchsten Individualdosis von 2,0 mSv (2013: 1,3 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 0,008 mSv/Jahr berechnet. Diese Dosis liegt deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv/Jahr gemäss PSI-Abgabereglement. Das ENSI notiert jedoch steigende Abgaben an die Aare. Detaillierte Angaben zu den Personendosen sind im Strahlenschutzbericht 2014 des ENSI zu finden.

6.5 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI hat im September 2014 an der Institutsnotfallübung FLORIAN mit Schwerpunkt Feuerwehreinsatz zusammen mit dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) und dem kantonalen Feuerwehrrinspektorat des Kantons Aargau die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Als Szenarium für die Übung wurden durch einen Anschlag ausgelöste Brände in zwei Gebäuden unterstellt. Dadurch wurden einerseits Personen verletzt und andererseits auch Personen wegen der Rauchentwicklung in Büros eingeschlossen, so dass zusätzlich zum Feuerwehreinsatz auch die Personenrettungen und die Betreuung von Verletzten beübt wurde. Die Arbeit der Feuerwehr wurde durch Beobachter der Abteilung Feuerwehrwesen der Aargauischen Gebäudeversicherung (AGV) und die Arbeit des Strahlenschutzes durch Beobachter des BAG, Sektion Forschungsanlagen und Nuklearmedizin, beurteilt. Das PSI stellte fest, dass die Handhabung der POLYCOM-Funkgeräte und derer Bedienung intensiver geschult werden muss.

Aufgrund ihrer Übungsbeobachtungen kamen das ENSI, das AGV und das BAG zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Das PSI verfügt über eine zur Beherrschung von 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 ISO/IEC 17020 akkreditiert

bzw. der Norm DIN EN ISO 9001: 2008 zertifiziert sind. Das ENSI führte 2014 eine Inspektion der Regelungen im Managementsystem zu Beschaffung und Kundenkompetenz durch. Die Kompetenz eines Kernanlagenbetreibers, die Qualität der Leistungen von Lieferanten – einschliesslich des Anlagenherstellers – zu beurteilen, ist eine Voraussetzung, um die gesetzliche Verantwortung für die Sicherheit der von ihm betriebenen Anlage wahrnehmen zu können. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

In der ersten Jahreshälfte 2014 hat das ENSI mit dem PSI ein Fachgespräch zum Dialog über Sicherheitskultur geführt. Themen waren die Grundlagen der Sicherheitskultur, Aktivitäten und Programme zur Förderung der Sicherheitskultur und Sicherheitskultur im Alltag des PSI. Ziel dieser Gespräche ist explizit nicht die Bewertung der Sicherheitskultur, sondern die Stärkung der Selbstreflexion des PSI über die eigene Sicherheitskultur. Das Fachgespräch erfolgte zweiteilig: Im ersten Teil wurden die vom ENSI vorgegebenen sowie die vom PSI als wichtig empfundenen Themen reflektiert und diskutiert. Das ENSI wertete das Gespräch anschliessend aus und meldete die Ergebnisse dem PSI im Rahmen eines Feedbackgesprächs zurück. Dieses diente wiederum einer Vertiefung der Reflexion.

Das PSI hat aufgrund mehrerer Fachgespräche, welche noch im Jahr 2013 stattfanden, im Berichtsjahr die in den Betriebsreglementen der einzelnen Kernanlagen wiedergegebene Organisationsstruktur überarbeitet und mit klareren Weisungsstrukturen und Verantwortlichkeiten beschrieben und abgebildet. Weiter hat das PSI begonnen, seine übergeordneten Weisungen und die Betriebsreglemente der unterschiedlichen Anlagen miteinander abzustimmen.

Das zulassungspflichtige Personal für den abgestellten Forschungsreaktor PROTEUS am PSI beträgt sieben Personen, was aus Sicht des ENSI genügend ist, dies auch im Hinblick auf den laufenden Nachbetrieb und die darauf folgende Stilllegung des Forschungsreaktors.

Zur Personalsituation und Organisation in den sich im Rückbau befindenden Kernanlagen SAPHIR und DIO-RIT sowie im Hotlabor und in den Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle ergaben sich im Vergleich zum Vorjahr keine nennenswerten Änderungen.

6.7 Vorkommnisse

In der Berichtsperiode waren am PSI keine meldepflichtigen Vorkommnisse zu verzeichnen.

6.8 Schule für Strahlenschutz

Im Berichtsjahr fand aufgrund mangelnder Nachfrage erstmals seit mehreren Jahrzehnten keine Ausbildung von Strahlenschutzpersonal mit anerkenungspflichtigen Ausbildungen statt. An zwei Kursen wurde das Strahlenschutzpersonal fortgebildet.

Das ENSI hat im Berichtsjahr ergänzende Ausbildungskurse der Schule für Strahlenschutz nach Prüfung der Gesuchsunterlagen anerkannt. Die Ergänzungskurse wurden für Strahlenschutzpersonal mit einer erfolgreichen Fachkraftprüfung der deutschen Industrie- und Handelskammer Aachen (IHK-Strahlenschutzfachkräfte) neu in das Kursprogramm aufgenommen. Es handelt sich dabei um den Kurs K331 «Gesetzliche Grundlagen des Strahlenschutzes in der Schweiz» und K332 «Fachtechnisches Ergänzungsmodul für IHK-Fachkräfte». Die erfolgreiche Teilnahme stellt eine der Voraussetzungen dar, die IHK-Strahlenschutzfachkräfte als Fachkräfte nach schweizerischer Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung anzuerkennen. An insgesamt drei durchgeführten Kursmodulen nahmen 51 Fachkräfte teil.

Insgesamt wurden an der Schule für Strahlenschutz 31 Aus- und Fortbildungskurse für verschiedene Personengruppen aus den schweizerischen Kernanlagen durchgeführt.

Nach Prüfung der Gesuchsunterlagen wurden die Kurse K871 und K872 «Strahlenschutz beim Transport radioaktiver Stoffe» für Fahrzeugführer gemäss Art. 16 Abs. 1 der Strahlenschutzverordnung anerkannt. Der Kurs K871 entspricht dem gemäss ADR-Unterabschnitt 8.2.2.3.5 geforderten eintägigen Aufbaukurs für Fahrzeugführer zur Beförderung von Gefahrgütern der Klasse 7. Die erfolgreiche Absolvierung dieses Aufbaukurses stellt mit dem Nachweis der Teilnahme am dreitägigen Basiskurs gemäss ADR die Voraussetzung dar, einen international gültigen Führerschein zum Transport von Gefahrgütern unter anderem der Klasse 7 bei der ASA (Vereinigung der kantonalen Verkehrsämter) zu beantragen. Alternativ dazu gibt es den Kurs 872, der dem gemäss SDR Anhang 1 Unterabschnitt 8.2.1.10.3 geforderten Kurs für Fahrzeugführer entspricht, welche nur Gefahrstoffe der Klasse 7 innerhalb der Schweiz befördern dürfen. Insgesamt nahmen 60 Personen an Kursen mit Bezug zu Transporten radioaktiver Gefahrgüter teil.

Das ENSI hat sich durch stichprobenhaften Besuch der Kurse und anlässlich mehrerer Fachgespräche mit den Kursleitern von der guten Qualität des Unterrichts überzeugt.

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'Energie et des Particules (IPEP) angehört.

Im Jahr 2014 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 208 Stunden bei kleiner Leistung (unter 100 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 298,3 Wh thermische Energie erzeugt. Das Experiment CARROUSEL wurde für Praktika verwendet. Die Neutronenquelle LOTUS war nicht in Betrieb.

Im Dezember 2014 ist während des routinemässigen Betriebs des Reaktors CROCUS aufgrund eines Wackelkontakts in einem Sicherheitskanal eine ungeplante Reaktorschnellabschaltung erfolgt. Das Vorkommnis wurde gemäss Richtlinie ENSI-B03 gemeldet und vom ENSI in Übereinstimmung mit der Einschätzung der EPFL auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zugeordnet.

Im Jahr 2014 haben an der EPFL fünf Kandidaten (2 Reaktoroperatoren und 3 Reaktorphysiker) eine Zulassungsprüfung absolviert. Die Vorbereitung und die Durchführung der Prüfungen entsprachen den Vorgaben.

Die Dosen des Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend. Im Dezember 2014 hat das ENSI seine Jahresinspektion durchgeführt. Dabei wurden technische, organisatorische und personelle Änderungen besprochen und verschiedene Anlagenräume inspiziert. Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Betriebsbedingungen im Jahr 2014 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. Der Reaktor wurde im Berichtsjahr nicht genützt. Er soll gemäss Planung der Universität Basel im Jahr 2015 endgültig ausser Betrieb genommen werden.

Im April 2014 wurde eine Brennelementkontrolle von der Universität Basel und einem externen Experten durchgeführt. Bei den Brennelementen wurden keine Abweichungen festgestellt. Das ENSI hat bei dieser Gelegenheit eine eigene Inspektion durchgeführt. Anlässlich dieser Kontrolle brach beim Zurückführen eines Brennelements auf seine Position einer von zwei Stiften am Grobregelstab ab. Das Vorkommnis wurde gemäss Richtlinie ENSI-B03 gemeldet und vom ENSI in Übereinstimmung mit der Einschätzung der Universität Basel auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zugeordnet.

Im Berichtsjahr lagen die Dosen des Personals unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und den Abwasserpfad war unbedeutend.

Im November 2014 hat das ENSI seine Jahresinspektion durchgeführt. Dabei wurden technische, organisatorische und personelle Änderungen besprochen und die Anlagenräume inspiziert.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Betriebsbedingungen im Jahr 2014 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 folgte per Anfang 2015, wobei je nach Verkehrsträger unterschiedliche Übergangsregelungen gelten. 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-Zulassungsscheine bzw. entsprechende Anerkennungen gemäss Gefahrgutgesetzgebung, und zwar unab-

hängig davon, ob es sich beim Transportgut um radioaktive Stoffe aus Kernanlagen oder aus anderen Betrieben handelt.

Derzeit findet in der Schweiz keine Fertigung von zulassungspflichtigen Versandstücken statt. Die umfassende Zulassung derartiger Behältertypen im Ursprungsland ist somit nicht Aufgabe des ENSI. Dagegen ist häufig eine Anerkennung der von der zuständigen Behörde des Ursprungslandes ausgestellten Zulassung von Versandstückmustern erforderlich. Dabei prüft das ENSI die Vollständigkeit des zugehörigen Sicherheitsberichts insbesondere hinsichtlich des Nachweises, dass alle gemäss ADR/RID und 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 2014 hat das ENSI 3 Gesuche nach Gefahrgutgesetzgebung beurteilt und die entsprechenden Genehmigungen ausgestellt. Alle 3 Gesuche betrafen die Anerkennung der jeweiligen ausländischen Zulassung von Versandstückmustern. Ein Gesuch bezog sich zusätzlich auf eine Beförderungsgenehmigung nach Gefahrgutrecht. Für ein Versandstückmuster wurde erstmals eine Anerkennung für die Schweiz ausgestellt.

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.

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)*

Allerdings verlangt die Strahlenschutzverordnung jeweils eine separate Bewilligung, falls bei einem einzelnen Vorgang eine bestimmte Aktivitätsmenge überschritten wird. Im Bereich der Kernanlagen ist das ENSI die zuständige Behörde, für den sonstigen Bereich ist das BAG zuständig. 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 2014 hat das ENSI eine Bewilligung neu erteilt und eine Bewilligung im Hinblick auf die erwarteten Änderungen im ADR 2015 angepasst.

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 2014 hat das ENSI 13 Beurteilungen für kernenergierechtliche Transportbewilligungen abgegeben. Von diesen betrafen 4 Bewilligungen Transporte von Kernmaterial und 9 solche von Abfällen. Bei den Kernmaterialien handelte es sich um die Versorgung der Werke mit frischen Brennelementen einschliesslich eines Rücktransports zur Reparatur und um bestrahlte Brennelemente zum Zentralen Zwischenlager (ZZL) der Zwiilag in Würenlingen. Bei den radioaktiven Abfällen ging es um Transporte aus allen Schweizer KKW sowie um die Transporte von Wiederaufarbeitungsabfällen aus Frankreich zur Zwiilag.

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 Brennelemente und sind auch 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 kompaktierte, metallische, mittelaktive Abfälle aus La Hague in die Schweiz zurückgeführt und in 40 Gebinden im MAA-Lager des ZZL in Würenlingen eingelagert. Ebenfalls aus La Hague kommend sind 2 T/L-Behälter des Typs CASTOR®HAW28-M entsprechend 56 Gebinden mit hochaktiven verglasten Abfällen im ZZL angeliefert und im HAA-Lagergebäude eingelagert worden. Der erste Behälter für schweizerische Rücklieferungen aus Grossbritannien wurde im Frühjahr 2014 mit hochaktiven verglasten Abfallgebinden unter Anwesenheit von ENSI-Inspektoren und Werksvertretern in Sellafield beladen. Zwei weitere Behälter werden Anfang 2015 beladen und gemeinsam mit dem ersten Behälter im Jahr 2015 retourniert. Die Gebindedokumentationen der restlichen 84 Gebinde aus britischer Produktion sind ebenfalls bereits beim ENSI zur Prüfung eingegangen.

Im Berichtsjahr hat das ENSI dem jeweiligen Abfalleigentümer 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. Im Falle des KKG erfolgt vorgängig dieser Behälterlagerung eine verlängerte Lagerung der abgebrannten Brennelemente unter Wasser im externen Nasslager auf dem Betriebsgelände des KKG.

Die 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.

Im Berichtsjahr 2014 wurden seitens des ENSI drei Behälterexemplare gemäss der Richtlinie ENSI-G05 abgenommen und als beladene Behälter zur Einlagerung im ZWIBEZ bzw. im ZZZ freigegeben.

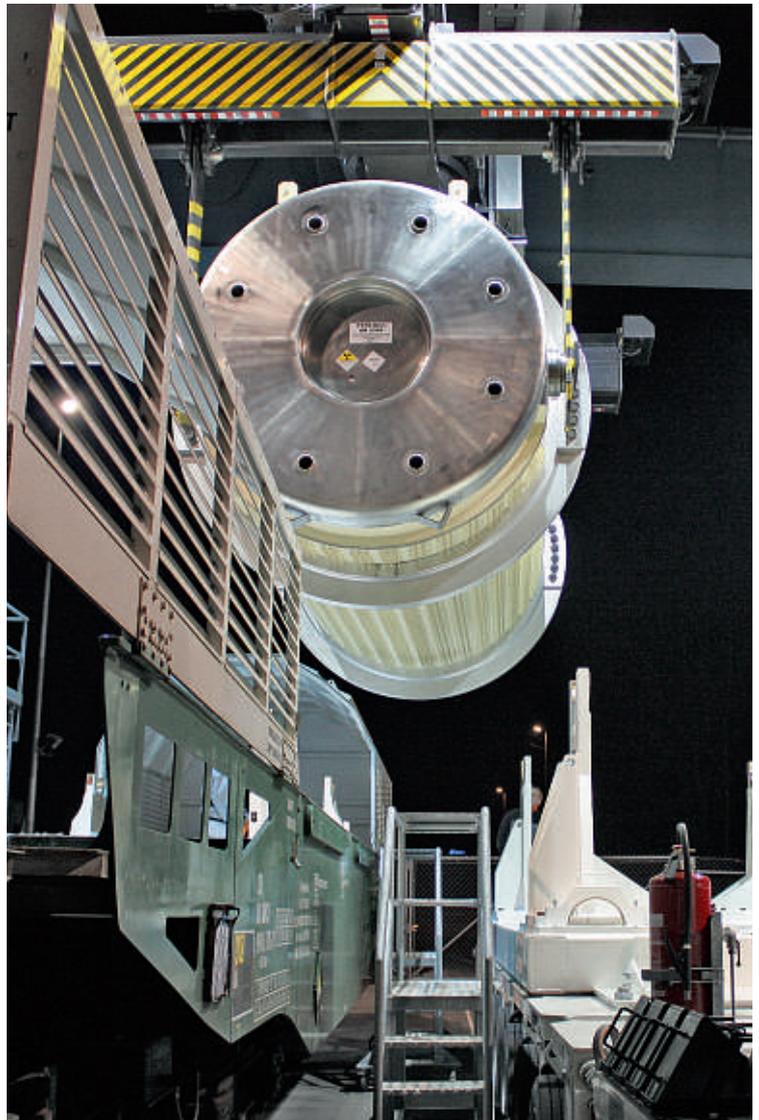
Bei der Fertigung der T/L-Behälter sind festgelegte und vom ENSI freigegebene Abläufe einzuhalten, was im Auftrag des ENSI von unabhängigen Experten kontrolliert wird. Für jedes einzelne Behälterexemplar bestätigt das ENSI schliesslich den qualitätsgerechten Abschluss der Fertigung durch seine Freigabe zur Verwendung.

Ende 2014 befanden sich 38 Transport- und Lagerbehälter in den verschiedenen Fertigungsphasen, von der Fertigungsvorbereitung bis zur Freigabe zur Verwendung durch das ENSI. Die 38 Behälter teilen sich auf

- in 10 Behälter zweier unterschiedlichen Bauarten für die hochaktiven Abfälle aus den Wiederaufarbeitungsanlagen La Hague und Sellafield und
- in 28 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, nachdem die auslegungsgemässe Sicherheit des jeweiligen Behälters nachgewiesen werden konnte.

Die Anzahl und der Umfang dieser Abweichungen haben sich gegenüber dem Vorjahr nicht reduziert, was nach wie vor zu weit über dem Plan liegenden Lieferzeiten führt. Weitergehende Massnahmen wurden deshalb angemahnt und befinden sich in Umsetzung. Drei der vier schweizerischen KKW-Standorte sind – allerdings in unterschiedlichem



*Umladen eines Transport- und Lagerbehälters.
Foto: Zwiilag.*

Masse – von den erheblich verlängerten Behälterlieferzeiten betroffen, bisher am stärksten davon betroffen sind die beiden Blöcke des KKB, aber auch Behälterlieferungen für KKL und KKM sind aus den genannten Gründen verzögert.

Um eine zeitgerechte Aufsichtstätigkeit auch in Zukunft zu gewährleisten, hat das ENSI seine Kapazitäten im Bereich der Behälterfertigung unter Einbezug seiner Sachverständigen in den vergangenen Jahren mehr als verdoppelt.

Ergänzend zu den Kontrollen im Bereich der laufenden Fertigung von T/L-Behältern wird die Zulassung (Typenfreigabeverfahren nach der Richtlinie ENSI-G05) und Vorab-Fertigung für zwei neue, speziell für die Schweiz vorgesehene Behälterbauarten für bestrahlte Brennelemente durch das ENSI bearbeitet und überwacht. In diesem Zusammenhang findet auch ein regelmässiger Austausch mit der belgischen Aufsichtsbehörde FANC statt.

Zudem hat das ENSI im Jahr 2014 für zwei bereits bekannte Behälterbauarten die Typenfreigabe nach Richtlinie ENSI-G05 erneuert.

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 2014 in seinem Aufsichtsbereich 11 Inspektionen im Bereich Transporte und Behälter für radioaktive Stoffe durch. Die Inspektionen betrafen den Versand und den Empfang von Brennelementen, Brennstäben, Brennstabsegmenten, Proben und Abfällen sowie die Überwachung des Lagerbetriebs im hochaktiven Teil des Zwischenlagers ZWIBEZ und im Dampferzeugerlager. Die Grenzwerte, insbesondere für Kontamination und Dosisleistung, wurden in allen Fällen eingehalten. Bezüglich der Transportdurchführung und der Überwachung des Lagerbetriebs konnte bei allen Inspektionen die Einhaltung der Vorschriften bezüglich Sicherheit und Strahlenschutz des Personals, der Bevölkerung und der Umwelt nachgewiesen werden. Bei einer Inspektion ergab sich eine Beanstandung hinsichtlich der korrekten Kennzeichnung von Containern. Das ENSI hat gegenüber dem betroffenen Kernkraftwerk eine Forderung zu Verbesserungsmaßnahmen gestellt. Die Umsetzung konkreter Massnahmen ist bis Ende Berichtsjahr erfolgt.

Bei zwei Inspektionen konnte das ENSI eine gute Praxis feststellen. In einem Fall betraf die Bewertung ein innovatives Transportkonzept, das hinsichtlich der Handhabung und des Strahlenschutzes optimiert ist und in enger Zusammenarbeit von Konstrukteur, Hersteller, Absender/Verwender, Beförderer und Empfänger entwickelt wurde. Im anderen Fall wurden trotz kurzer Transportstrecke aufwändige Analysen zur Optimierung der Beladung durchgeführt, um die Dosisleistung zu minimieren.

Im Dezember 2014 wurde bei der Anlieferung eines freigestellten Versandstücks eine geringfügige Überschreitung der Dosisleistung am Boden festgestellt. Das betroffene Kernkraftwerk hat die erforderlichen Massnahmen getroffen und die Überschreitung gemeldet. Aufgrund der geringen Dosisleistung bestand zu keinem Zeitpunkt eine Gefahr für das Personal, die Bevölkerung und die Umwelt. Das ENSI informierte die für den ausländischen Absender zuständige Aufsichtsbehörde. Speziell im KKG sind im Berichtsjahr die Prozesse zur Abwicklung von Transporten mit radioaktiven Stoffen aktualisiert worden, um Verbesserungen zu implementieren. Auch die parallel hierzu durchgeführte Einarbeitung neuen Personals erfolgte so, dass es bei allen Transport- und Behälter-spezifischen Inspektionen zu keinerlei Befunden kam.



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

9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle

9.1 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 Kombilagere 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 Tiefenlagerung 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 (SGT) in der Schweiz ein Standortauswahlverfahren (Kap. 9.2). Die Verfahrensleitung im Sachplan liegt beim Bundesamt für Energie (BFE); das ENSI trägt die Gesamtverantwortung für die sicherheitstechnische Beurteilung der geologischen Standortgebiete und Standorte. Im Ergebnisbericht zur Etappe 1 SGT wurde der Schutz aller geologischen Standortgebiete sowie eine Meldepflicht für mögliche Beeinträchtigungen festgelegt (Kap. 9.3). Davon wurde 2014 zweimal Gebrauch gemacht.

Das Sachplanverfahren befindet sich aktuell in Etappe 2, im Berichtsjahr wurden bezüglich Erreichung des Kenntnisstandes in allen Standortgebieten wichtige Vorarbeiten im Hinblick auf das Einreichen der Vorschläge der Nagra zu Etappe 2 abgeschlossen. Das ENSI hat die Unterlagen der Nagra vom September bis November 2014 einer Grobprüfung unterzogen. Die umfangreichen Vorbereitungsarbeiten für die sicherheitstechnische Beurteilung der Unterlagen der Nagra zu Etappe 2, die Ende Januar 2015 veröffentlicht wurden, wurden weitgehend abgeschlossen. Neben dem bereits 2013 eingesetzten Seismik-Review-Team zur Beurteilung der Arbeiten der Nagra zur 2D-Seismik wurde auch ein Bautechnik-Review-Team zur Beurteilung der Arbeiten zur bautechnischen Risikoanalyse gemäss ENSI 33/170 eingesetzt. Dieses Team hat seine Arbeit bereits in der Grobprüfung aufgenommen. Des Weiteren wird das ENSI durch die internationalen Experten der Expertengruppe geologische Tiefenlagerung (EGT) (Kap. 9.4), swisstopo, und weiteren Experten von Geologie- und Ingenieurbüros und Universitäten unterstützt. Ungeachtet der sich verdichtenden Beurteilungsarbeiten im Rahmen des Sachplans werden durch das ENSI und die von ihm beauftragten Experten weiterhin eigene, für die Tiefenlagerung notwendige Untersuchungen durchgeführt. Der überwie-

gende 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). Von speziellem Interesse waren im Berichtsjahr die Vorkommnisse in der Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) in New Mexico, USA (vgl. Erfahrungs- und Forschungsbericht 2014 des ENSI).

9.2 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 Süd- und Zürich Nordost, Nördlich Lägern, Jura Ost,

Einbau des Wärmetest-
Behälters in den
Versuchsstollen.
Foto: CCV.



Jura-Südfuss und Wellenberg) sowie drei Standortgebiete für die Lagerung hochaktiver Abfälle (Gebiete Zürich Nordost, Nördlich Lägern und Jura Ost). Diese geologischen Standortgebiete wurden in die Raumplanung der jeweiligen Region integriert.

In Etappe 2 SGT werden diese Standortgebiete verglichen mit dem Ziel, mindestens zwei geologische Standortgebiete pro Lagertyp auszuwählen. Für diesen sicherheitstechnischen Vergleich haben in den letzten Jahren diverse Vorarbeiten stattgefunden, u.a.:

- a) Bezeichnung der Standortareale für eine Oberflächenanlage durch die Nagra in Zusammenarbeit mit in jedem Standortgebiet gebildeten Partizipationsgremien (Regionalkonferenzen, 2012–2014)
- b) Präzisierung und Veröffentlichung der Vorgaben für den sicherheitstechnischen Vergleich (ENSI 33/154, 33/155 und 33/170) in 2013
- c) Überprüfung der Resultate aus ergänzenden Untersuchungen für Etappe 2
- d) Durchführung des sicherheitstechnischen Vergleichs durch die Nagra
- e) Grobprüfung der Unterlagen der Nagra für Etappe 2

Zu a) und b) hat das ENSI bereits in seinen früheren Aufsichtsberichten die Arbeiten beschrieben. In dem vorliegenden Aufsichtsbericht geht das ENSI detailliert auf die Punkte c) und e) ein. Den sicherheitstechnischen Vergleich der Nagra wird das ENSI im Jahr 2015 prüfen.

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



*Halterung für
Messinstrument.
Foto: CCV.*

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 wurde die Überprüfung der Abarbeitung der 41 Forderungen in so genannten Zwischenhalt-Fachsitzungen durchgeführt. Das dazu verwendete Vorgehen ist in ENSI 33/155 präzisiert. An den Sitzungen informierte die Nagra die Teilnehmenden über die Ergebnisse ihrer ergänzenden Untersuchungen. Zur Vorbereitung wurden vor jeder Zwischenhalt-Fachsitzung jeweils themenspezifische Berichte durch die Nagra zur Verfügung gestellt. Die vorliegenden Ergebnisse wurden von den Teilnehmenden diskutiert. Am Schluss jeder einzelnen Zwischenhalt-Fachsitzung präsentierte das ENSI sein Fazit zu den jeweils thematisierten Forderungen. Die Sitzungen wurden durch das ENSI geleitet und protokolliert.

Die Ausführungen und Resultate der Nagra wurden in elf Zwischenhalt-Fachsitzungen und 2 Behördeninformationen mit ENSI, KNS, EGT, AG SiKa/KES und BMU zwischen März 2013 und Juli 2014 erörtert. Nachdem alle Forderungen an den Zwischenhalt-Fachsitzungen behandelt wurden, fand im Juli 2014 eine abschliessende Zwischenhalt-Fachsitzung statt. Die AG SiKa/KES, die EGT und die KNS haben nach dieser Zwischenhalt-Fachsitzung schriftliche Rückmeldungen an das ENSI verfasst. In ihren Rückmeldungen äusserten sich die einzelnen Gremien positiv zum Ablauf und zu den Ergebnissen der Zwischenhalt-Fachsitzungen. Der Kenntnis-

stand für Etappe 2 SGT hat sich gemäss diesen Äusserungen im Vergleich zu Etappe 1 SGT deutlich verbessert. Die AG SiKa/KES, EGT und KNS haben in ihren jeweiligen Rückmeldungen gemäss ENSI 33/155 keine Lücken bezüglich des Kenntnisstands für Etappe 2 SGT identifiziert. Alle Gremien weisen aber darauf hin, dass ihre abschliessende Beurteilung erst bei der Detailprüfung erfolgen kann.

Im Gesamtfazit zum Abschluss der Zwischenhalt-Fachsitzungen und zum Kenntnisstand zu den 41 Forderungen für Etappe 2 SGT kommt das ENSI unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Zwischenhalt-Fachsitzungen zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Die Bearbeitung der Forderungen durch die Nagra erfolgte sorgfältig und mit einer umfangreichen Berichterstattung.
- Die in den Forderungen angesprochenen Themen und Aspekte wurden vollständig und detailliert behandelt.
- Die Präsentationen an den Fachsitzungen waren zielführend und fachlich kompetent. Die Fachsitzungen wurden von den Beteiligten rege genutzt, um sich über den erreichten Kenntnisstand zu informieren und diesen sachkritisch zu diskutieren.
- Das ENSI erwartet, dass die Nagra die Hinweise und Ergänzungen aus der jeweiligen Zwischenhalt-Fachsitzung bei der Finalisierung ihrer Berichte für Etappe 2 SGT berücksichtigt.
- Zusammenfassend bilanziert das ENSI, dass von der Nagra 10 Forderungen vollständig erfüllt wurden. Für 31 Forderungen ist der Kenntnis-

stand für Etappe 2 SGT genügend; die in diesen Forderungen verlangte Umsetzung kann jedoch seitens ENSI erst im Rahmen der Detailprüfung zu Etappe 2 SGT abschliessend beurteilt werden. Für keine der 41 Forderungen ist der Kenntnisstand für Etappe 2 SGT ungenügend. Die jeweiligen Variabilitäten und Ungewissheiten in den Daten und Prozessen wurden in den Berichten aufgezeigt.

- Die Zwischenhalt-Fachsitzungen für Etappe 2 SGT sind damit abgeschlossen. Die Nagra kann nach der Finalisierung ihrer Berichte die Unterlagen für Etappe 2 SGT zur Grobprüfung beim ENSI einreichen.

Die inhaltliche Prüfung, zum Beispiel die Prüfung einzelner Parameterwerte oder die Prüfung der Belastbarkeit der Aussagen der Nagra, erfolgt analog zur Etappe 1 SGT im Rahmen der Detailprüfung nach der Einreichung der sicherheitstechnischen Unterlagen zum Vorschlag von mindestens zwei Standortgebieten pro Lagertyp in Etappe 2 SGT durch die Nagra an das BFE.

Grobprüfung der Unterlagen der Nagra für Etappe 2

Die Nagra reichte am 28. August 2014 die Unterlagen zur Etappe 2 SGT beim ENSI zur Grobprüfung ein. Die Grobprüfung durch das ENSI ist eine formelle Prüfung auf Vollständigkeit, Detaillierungsgrad und Konsistenz und soll insbesondere eine effiziente Detailprüfung ermöglichen. Die inhaltliche Prüfung findet erst im Rahmen der Detailprüfung statt. Die Grobprüfung stellt in diesem Sinne keine abschliessende Prüfung dar. Auch in der Detailprüfung können weitere Mängel oder Unklarheiten festgestellt werden und zu Fragen an die Nagra bzw. Ergänzungen durch diese führen.

Das ENSI stellte Anfang Dezember 2014 fest, dass die zur Grobprüfung eingereichten Unterlagen teilweise noch unvollständig waren und auch noch Mängel aufwiesen. Das ENSI hat das BFE und die Nagra über die Resultate seiner Grobprüfung informiert. Die Nagra hat zugesichert, dass sie finale und qualitätsgeprüfte Unterlagen beim BFE zur Detailprüfung einreichen werde, in welchen die in der Grobprüfung festgestellten Mängel behoben sind.

Vorbereitende Arbeiten zur Etappe 3

Parallel zu den Aktivitäten zu Sachplan Etappe 2 laufen unter der Federführung des BFE bereits Planungsarbeiten zu Etappe 3. Dazu wurden seitens BFE im 1. Quartal 2014 Planungsretrajten durchgeführt. Anhand der Ergebnisse wurde ein grober

Verfüllmaschine.
Foto: CCV.



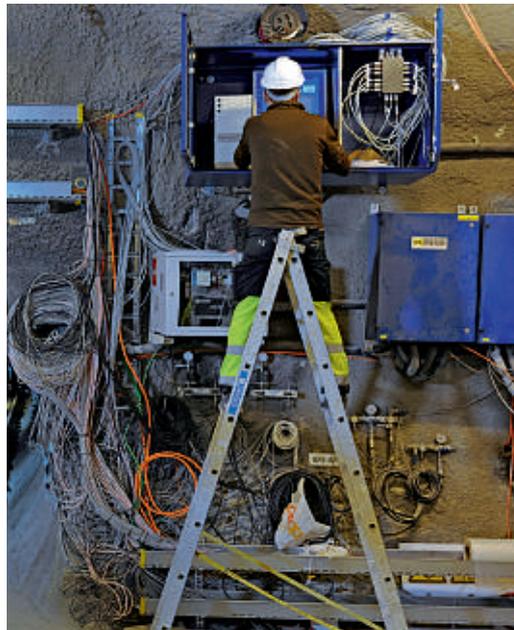
Zeitplan für Etappe 3 erstellt. Demzufolge wird Etappe 3 vermutlich 10 Jahre (2017 bis 2027) dauern und damit etwa doppelt so lange wie ursprünglich geplant sein.

Für die Diskussion wesentlicher Fragestellungen zur Etappe 3 wurden diverse Planungsgruppen gegründet. Das ENSI leitet davon die Untergruppe Sicherheit, die im 2014 Leitlinien für zwei weitere Arten von Gremien erstellt hat: Ein Fachgremium soll die für Etappe 3 geplanten erdwissenschaftlichen Untersuchungen (3D-Seismik, Sondierbohrungen) fachlich begleiten. Zudem sollen Begleitgruppen das ENSI bei der Aufsicht über die bewilligungspflichtigen Sondierbohrungen unterstützen. Für das Bewilligungsverfahren zu den Sondierbohrungen wurde ein Terminplan erstellt.

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 Forummitglieder und leitet die TFS-Sitzungen. Die eingegangenen und beantworteten Fragen werden der Öffentlichkeit im Internet zur Verfügung gestellt. Im Jahr 2014 fanden vier Sitzungen des TFS statt. Von den bis Ende 2014 ins TFS aufgenommenen 128 Fragen waren deren 94 bis Ende 2014 beantwortet. Alle Fragen und Antworten sind unter www.technischesforum.ch einsehbar. Neben der Beantwortung eingereicherter Fragen wurde in diesem Jahr an zwei Sitzungen über die Ergebnisse der Zwischenhalt-Fachsitzungen orientiert. Zudem wurde auf Wunsch der TFS-Mitglieder mit zwei Vorträgen über die Störfälle in der Waste Isolation Pilot Plant (WIPP, USA) informiert.

Um den Informationsfluss zwischen dem TFS und der Öffentlichkeit zu verbessern, bietet das ENSI seit Mitte 2014 eine neue Webplattform für das TFS an.



Versuchseinrichtung im Felslabor Mont Terri.
Foto: CCV.

Das damit verfolgte Ziel ist, dass die erarbeiteten Antworten auch nach aussen getragen und einem breiten Kreis von interessierten Personen zugänglich gemacht werden. Die neue Webplattform bietet praktische Suchfunktionen, um gezielt nach Fragen und Antworten zu recherchieren. Zudem kann sich der Besucher über die Arbeitsweise des TFS und den Stellenwert der TFS-Antworten informieren. Die Webplattform erlaubt es den Besuchern ebenfalls, sich mittels den Webartikeln zu den Sitzungen über die Aktivitäten des TFS auf dem Laufenden zu halten.

Öffentlichkeitsarbeit

Das Berichtsjahr war geprägt durch eine intensive Öffentlichkeitsarbeit. Das ENSI nahm an den vier in den Schweizer Gemeinden mit Standortarealen durchgeführten «Treffpunkten Tiefenlager» sowie an einem auf deutscher Seite teil. Ausserdem hat das ENSI drei Ausbildungsmodule des BFE unterstützt und ist bei mehr als zehn Sitzungen von Fachgruppen oder Regionalkonferenzen mit fachlichen Referaten beteiligt gewesen. Am 14.02.2014 wurde an der ETH Zürich ein Fachsymposium zur Felsmechanik des Opalinustons abgehalten. Am 24.05.2014 fand ein Forum Oberflächenanlagen statt, an dem über die Sicherheit einer überträgigen Anlage als Eingangsportale zum geologischen Tiefenlager referiert wurde. Weiter hat das ENSI anlässlich diverser Besuche in- und ausländischer Gruppen am Felslabor Mont Terri Vorträge gehalten und Führungen durchgeführt.



9.3 Ausnahmeregelung bzgl. Schutzbereich für geologische Standortgebiete

Die Langzeitsicherheit eines Tiefenlagers erfordert einen langfristigen Schutz vor einer Verletzung der Wirt- und Rahmengesteine, dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich (EG). Im Ergebnisbericht zur Etappe 1 des Sachplanverfahrens geologische Tiefenlager wurde festgelegt, dass der Schutz aller geologischen Standortgebiete gewährleistet werden muss, bis sie als mögliche Standortgebiete für ein geologisches Tiefenlager ausscheiden.

Um eine Beeinträchtigung der Langzeitsicherheit eines Tiefenlagers zu vermeiden, wurde im Ergebnisbericht zur Etappe 1 eine Meldepflicht festgelegt. Diese bezieht sich auf Tunnel- und Stollenbauten, den Abbau von Steinen und Erden ab 50 m Tiefe unter Terrain sowie auf Bohrungen. Basierend auf der im Jahr 2013 durch das ENSI entwickelten Ausnahmeregelung bezüglich Bohrtiefenbeschränkungen (vgl. ENSI 33/334) gelangten 2014 zwei Gesuche an das ENSI.

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 Fragestellungen mit international anerkannten Experten zusammenzuarbeiten und damit das eigene Know-how zu ergänzen. Das Sekretariat der EGT wird vom ENSI geführt. Die Aktivitäten der EGT werden laufend auf einer Website präsentiert (www.egt-schweiz.ch).

In der Berichtsperiode 2014 fanden vier ganztägige, reguläre Plenarsitzungen und ein ganztägiges Seminar der EGT statt, mit denen sich die Mitglieder der EGT auf die Beurteilung der von der Nagra einzureichenden Unterlagen für Etappe 2 SGT vorbereiteten. Mitglieder der EGT nahmen an vier der sechs Zwischenhalt-Fachsitzungen, an den vier Sitzungen des TFS und an einer Behördeninformation zu ergänzenden Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke geologischer Tiefenlager teil. Schliesslich organisierte die EGT gemeinsam mit dem ENSI ein Symposium zur «Felsmechanik und Bautechnik von geologischen Tiefenlagern im Opalinuston und ähnlichen Tonsteinen» an der ETH Zürich. Der Einladung waren 13 Referenten aus dem In- und Ausland und ca. 170 Teilnehmende, überwiegend aus der Schweiz, gefolgt.

Themenschwerpunkte der EGT waren Stoffgesetze und bautechnische Machbarkeit von Tiefenlagern im Opalinuston, Gefährdungsbilder und bautechnische Risiken der Endlagerbauwerke, Betriebsrisiken der verschiedenen Typen von Zugangsbauwerken, die Auswertung und Belastbarkeit der alten und neuen 2D-Seismik, die tektonische Zergliederung des Mesozoikums und die geodynamische Entwicklung und Neotektonik der Nordschweiz.

9.5 Felslaboratorien

Unter der Leitung der swisstopo für das Felslabor Mont Terri einerseits und der Nagra für das Felslabor Grimsel andererseits werden in der Schweiz zwei Felslaboratorien 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 der relevanten Daten. Anhand von Demonstra-

tionsversuchen werden ferner die Eigenschaften und das Verhalten technischer Barrieren (Bentonit, Zement, Stahlbehälter) in Wechselwirkung zur geologischen Barriere untersucht, um die für die Sicherheitsbeurteilung erforderlichen Datensätze zum Gesamtverhalten des Barriersystems zu erhalten.

Seit 2003 ist das ENSI mit eigenen Projekten an der Forschung des Opalinustons im Felslabor Mont Terri beteiligt, um die behördeninterne Fachkompetenz aufzubauen und zu erhalten sowie um eigene Datensätze und Modelle zu entwickeln. Der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten lag 2014 auf dem HM-Experiment (Untersuchung hydraulisch-mechanisch gekoppelter Prozesse), welches von der Ingenieurgeologie der ETH Zürich im Rahmen einer Dissertationsarbeit durchgeführt wird. Zielsetzungen des HM-Experiments sind einerseits die beim Ausbruch eines Stollens infolge von Spannungsumlagerungen hervorgerufene Deformation und Porenwasserdruckänderung im Opalinuston und die damit verbundenen gekoppelten hydraulisch-mechanischen Prozesse zu untersuchen und andererseits anhand von felsmechanischen Labormessungen (Triaxialtests) Materialkennwerte für ein konstitutives Stoffgesetz für den Opalinuston zu erarbeiten, welche dann in die felsmechanische



*Einbau des Testbehälters in den Versuchsstollen.
Foto: CCV.*

Modellierung einfließen. Neben dem HM-Experiment beteiligte sich das ENSI an drei weiteren Experimenten: Mit dem Cyclic Deformation-Experiment (CD), welches Mitte 2014 erfolgreich abgeschlossen wurde, wurde über mehrere Jahre hinweg das zyklische Deformationsverhalten der Stollenwand des Opalinustons in Abhängigkeit des Stollenklimas (Jahresschwankungen der Temperatur und Luftfeuchtigkeit) untersucht. Das Experiment lieferte wichtige Informationen zu Prozessen wie Entsättigung/Aufsättigung, Quellung, Konsolidierung und Selbstabdichtung des Opalinustons. Mit dem Evaporation Logging Experiment (FM-D) evaluiert das ENSI zusammen mit swisstopo eine neue Methode der Durchlässigkeitsbestimmung in Bohrungen anhand von Verdunstungsmessungen. Das Monitoring-Experiment (MO) schliesslich dient der Vorbereitung und dem Testen von Monitoring-Techniken, mit welchen die Langzeitbeständigkeit von Glasfaserkabeln und Sensoren unter in-situ Bedingungen im Opalinuston untersucht werden.

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 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 wurden Themen, wie z.B. der regulatorische Bedarf für die Phasen der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers oder Schwerpunkte für die regulatorische Sicherheitsforschung und für die technische Expertise für zukünftige Realisierungsschritte des Tiefenlagers diskutiert. Die Schluss-

folgerungen und das weitere Vorgehen bzgl. der Plattform wurden 2014 veröffentlicht. Ein Nachfolgeprojekt wird beantragt.

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 Ungewissheiten 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 2013 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. Im Jahr 2014 wurden Ergebnisse der Vergleichsrechnungen für den Zweiphasenfluss sowie die Funktionsweise des gekoppelten Programms präsentiert. 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



Einlagerungsmodell.
Foto: CCV.

«Expert Group on Operational Safety» (EGOS). 2014 fand das 16. Treffen der Arbeitsgruppe IGSC in Paris statt. Die «topical session» dieses Treffens befasste sich mit dem Thema «Handling extreme geological events in safety cases during the post-closure phase».

Die Arbeiten des Clay Clubs konzentrierten sich im Berichtsjahr 2014 auf das 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 spe-

ziellen Kapitel wird der Stellenwert der Geologie und der sicherheitsrelevanten Eigenschaften der Tongesteine für den Langzeiteinschluss und den Sicherheitsnachweis dargelegt. Bis Ende 2015 sollen die Arbeiten an der Datensammlung abgeschlossen werden.

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 -linderung.

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 externe 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 2014 wurden im Wesentlichen folgende Arbeiten im Bereich PSA durchgeführt:

- Das ENSI ist daran, die im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) des KKB Ende 2013 eingereichten aktualisierten PSA zu überprüfen. 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). Für Anwendungen betreffend den aktuellen Anlagenzustand verwendet das KKB nach wie vor ein PSA-Modell ohne AUTANOVE. Für die Änderungen der Technischen Spezifikation des KKB, welche im Zuge des Projekts AUTANOVE nötig werden, wurde vom Betreiber unter anderem eine systematische Anwendung probabilistischer Kriterien als ein Beitrag zur Bestimmung zulässiger Ausfallfristen durchgeführt, welche das ENSI gegenwärtig überprüft.
- Das KKG arbeitete im Berichtsjahr an der geforderten Umsetzung des im Rahmen der Stellungnahme zur PSÜ identifizierten Verbesserungsbedarfs zur PSA und führte weitere Untersuchungen zur Hochwassergefährdung durch. Mit den durchgeführten 2D-Überflutungsberechnungen mit fraktioniertem Feststofftransport konnte die Qualität der Aussagen zur Gefährdung des KKG durch Verklausungen als potenziellem Schwelleneffekt verbessert werden. In Bezug auf die Überflutungshöhe bewirkt der Feststofftransport keine zusätzlichen Risiken.
- Im Berichtsjahr lag beim KKL der Arbeitsschwerpunkt im Bereich PSA bei der Aktualisierung der Stufe-1-PSA und bei der Erstellung der neuen Stufe-2-PSA für alle Betriebszustände. Die neue Stufe-2-PSA und die zugehörige Dokumentation wurden Ende Oktober 2014 dem ENSI eingereicht. Die Aktualisierung vom Stufe-1-PSA-

Modell ist noch in Bearbeitung. Neben den vom ENSI geforderten Verbesserungen insbesondere an den Brand- und Erdbebenanalysen werden bei der Überarbeitung auch die Erkenntnisse aus dem im November 2014 erfolgten IAEA IPSART (International PSA Review Team) Peer Review berücksichtigt.

- Das KKM aktualisierte im Laufe des Berichtsjahres das Stufe-1-PSA-Modell für Volllast und reichte es dem ENSI ein. Dieses Modell beinhaltet umfangreiche Überarbeitungen insbesondere in den Bereichen interne Brände, interne Überflutungen und Erdbeben. Als Erdbebengefährdung wurde der PRP Intermediate Hazard verwendet. Die ausgewiesene CDF vor Sanierung der Wohlensee-Stauanlage beträgt $8,61 \cdot 10^{-6}$ pro Jahr. Nach dem nunmehr erfolgten Abschluss der genannten Sanierung liegt die CDF bei $6,23 \cdot 10^{-6}$ pro Jahr.

Gemäss den per Ende 2014 vorliegenden Analysen der Schweizer Kernkraftwerke wird das von der IAEA für bestehende Anlagen empfohlene probabilistische Sicherheitsziel einer Kernschadenshäufigkeit von weniger als 10^{-4} pro Jahr von allen Anlagen eingehalten.

10.1.2 Risikotechnische Beurteilung der Betriebserfahrung

Die probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung eines Kernkraftwerks erfolgt auf zwei Arten: Einerseits durch eine zusammenfassende Bewertung des gesamten Vorjahres (also 2013) 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. Alle Kernkraftwerksbetreiber setzten für die probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung 2013 dieselben PSA-Modelle wie im Vorjahr ein. Für alle Kernkraftwerke ergaben im Jahr 2013 die probabilistischen Sicherheitsindikatoren keine aussergewöhnlichen Werte. Ferner ist kein ansteigender Trend der Indikatoren erkennbar.

Das wartungsbedingte inkrementelle kumulative Risiko wie auch die wartungsbedingten Risikospitzen für das Jahr 2013 waren bei allen Werken kleiner als die Planungswerte gemäss Richtlinie HSK-A06.

Unter latenten Fehlern werden Fehler verstanden, die unentdeckt bleiben, bis die betroffene Komponente angefordert oder geprüft wird. Für das kumulative Risiko können sie wichtig sein, weil hier nicht nur die momentane Risikoerhöhung durch eine Komponentenunverfügbarkeit, sondern auch die Dauer der Unverfügbarkeit eine Rolle spielt. Im Jahr 2013 waren im KKG und im KKL Komponentenunverfügbarkeiten mit latenten Fehlern verbunden (was bei den damaligen Vorkommnisbewertungen bereits berücksichtigt wurde). Die Auswirkungen auf das Risiko waren jedoch gering, Vorsorgemassnahmen wurden wo notwendig ergriffen.

Im Rahmen der Überprüfung der probabilistischen Bewertung der Betriebserfahrung des KKB wurde ein Verbesserungspotenzial bei der Dokumentation des Arbeitsauftrages identifiziert. Dabei sollen insbesondere gleichzeitige geplante Unverfügbarkeiten von Komponenten besser vermieden werden.

- 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 2014 ergaben sich bei keinem Kernkraftwerk Vorkommnisse, die gemäss Richtlinie HSK-A06 mit INES 1 ($ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$ im Bereich $10^{-4} - 10^{-6}$), einzustufen sind.

Alle weiteren von den Kernkraftwerksbetreibern im Jahr 2014 mit der PSA bewerteten Vorkommnisse waren risikotechnisch unbedeutend, d. h. als INES-Stufe 0 beurteilt ($ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$ mindestens 10^{-8} , jedoch kleiner als 10^{-6}) oder es erfolgte keine Einstufung auf der INES-Skala ($ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$ kleiner als 10^{-8}) aufgrund der Risikobewertung.

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.

10.2 Erdbebengefährdungsanalyse

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

Als weiteren Schritt dieser fortwährenden Entwicklung verlangte das ENSI im Jahre 1999 von den Kernkraftwerksbetreibern, die Erdbebengefährdung nach dem fortschrittlichsten Stand der metho-

dischen 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. Weitere Forschungsarbeiten, insbesondere im Zusammenhang mit der Übertragung von international gemessenen Starkbebendaten auf die Schweiz, wurden zunehmend Teil des PRP und führten zu Projektverzögerungen.

Ende 2013 reichten die Kernkraftwerkbetreiber den Schlussbericht des PRP beim ENSI zur Prüfung ein. Im Jahr 2014 zeigte sich, dass die Überprüfung des PRP durch das ENSI langwieriger ist als erwartet. Voraussichtlich in der zweiten Hälfte 2015 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 2014 die aufgrund des Reaktorunfalls in Fukushima begonnenen Arbeiten weiter. Die meisten im Aktionsplan Fukushima 2014 beschriebenen Tätigkeiten wurden termingerecht abgeschlossen. Bei einigen Punkten sind die Arbeiten in Verzug und die Planung wurde angepasst. Das ENSI geht derzeit davon aus, dass alle Analysen bis Ende 2015 abgeschlossen und die daraus abzuleitenden Massnahmen angeordnet sein werden. Die Schwerpunkte des Jahres 2014 betrafen folgende Themen:

1. Erdbebeninstrumentierung
2. Containmentintegrität während des Stillstands
3. Extreme Wetterbedingungen
4. Erhöhung der Sicherheitsmargen
5. Wasserstoffmanagement
6. Severe Accident Management
7. Gesamtschweizerisches Notfallmanagement
8. Weitere Massnahmen zum EU-Stresstest

10.3.1 Erdbebeninstrumentierung

Das ENSI hat die Vor- und Nachteile einer Schnellabschaltung über eine vorgelagerte Erdbebeninstrumentierung analysiert.

Zu den Vorteilen: Eine Auslösung und Vollendung der Reaktorschnellabschaltung vor dem Eintreffen der für die Anlage relevanten Erdbebenwellen verhindert, dass die für die Reaktorschnellabschaltung benötigten Komponenten während des Abschaltvorgangs einer erdbebenbedingten Belastung ausgesetzt sind und dadurch versagen können. Um den erzielbaren Sicherheitsgewinn bewerten zu können, wurde die mögliche Reduktion der Kernschadenshäufigkeit auf der Basis der vorhandenen probabilistischen Sicherheitsanalysen abgeschätzt. Diese Reduktion liegt bei den einzelnen Kernkraftwerken zwischen 0,1 % und 2 % der gesamten Kernschadenshäufigkeit.

Zu den Nachteilen: Die mögliche Fehlauflösung von Reaktorschnellabschaltungen durch eine vorgelagerte Erdbebeninstrumentierung würde die Kernschadenshäufigkeit leicht erhöhen.

Insgesamt ist die abgeschätzte Erhöhung der Kern-

schadenshäufigkeit durch Fehlauflösungen der Reaktorschnellabschaltfunktion etwas kleiner als die mögliche Reduktion durch eine Schnellabschaltung vor dem Eintreffen der relevanten Erdbebenwellen. Allerdings können Systeme zur Schnellabschaltung über eine vorgelagerte Erdbebeninstrumentierung im Falle von Erdbeben in Entfernungen unter 20 km die Abschaltung vor den grössten Beschleunigungen nicht garantieren. Deshalb ist der Nutzen eines solchen Systems von der Erdbebengefährdung am Standort abhängig. International werden heute Systeme zur Schnellabschaltung über eine vorgelagerte Erdbebeninstrumentierung am Kraftwerksstandort nur in Gebieten mit erhöhter seismischer Aktivität eingesetzt. Frühwarnsysteme ausserhalb des Kraftwerksstandorts werden dafür nicht verwendet. Gemäss aktuellen Erdbebenstudien geht die grösste Erdbebengefährdung der Schweizer Anlagen von Erdbeben in Entfernungen unter 20 km aus. Dadurch verkleinert sich der reduzierbare Anteil der Kernschadenshäufigkeit. Zurzeit ist weder aus deterministischer und probabilistischer Sicht noch gemäss dem allgemeinen Stand der in Europa vorgenommenen Nachrüstungen eine solche Nachrüstung erforderlich.

10.3.2 Containmentintegrität während des Revisionsstillstands

Während des Revisionsstillstands der Kernkraftwerke sind für den Materialtransport oder den Zugang von Personen zeitweise grössere Containmentöffnungen vorhanden. Die Betreiber untersuchten im Jahr 2014 die vorbereiteten Massnahmen für die Wiederherstellung der Containmentintegrität bei einem Störfall mit langandauerndem Verlust der Stromversorgung. Die Betreiber lieferten dem ENSI Angaben über die für das Wiederschliessen des Containments unter diesen Bedingungen benötigten und verfügbaren Handlungszeiten sowie über bereits identifizierte Verbesserungsmöglichkeiten. Das ENSI überprüft diese Angaben.

10.3.3 Extreme Wetterbedingungen

Die zu untersuchenden Gefährdungen durch extreme Wetterbedingungen umfassen schnell auftretende Gefährdungen wie Winde, Tornados, Starkregen, Hagel und vereisender Regen. Die dadurch innerhalb kurzer Zeit auftretenden Lasten müssen durch die Auslegung der Anlage, hauptsächlich der Gebäude, beherrscht werden. Für die restlichen Gefährdungen bestehen in der Regel

mehrere Stunden bis Tage Vorlaufzeit, so dass die Anlage rechtzeitig vorsorglich und geordnet abgefahren werden kann und weitere Massnahmen zur Beherrschung dieser Gefährdungen getroffen werden können.

Die Betreiber haben Gefährdungsstudien sowie die Nachweise der ausreichenden Sicherheit der Anlage gegen diese Gefährdungen dem ENSI bis Ende 2014 eingereicht. Für die Erstellung der Gefährdungsanalysen wurden Spezialisten für mathematische und statistische Auswertungen herangezogen. Eine Bewertung historischer Daten und des Klimawandels wurde von swissnuclear durchgeführt. Die Überprüfung der eingereichten Gefährdungsanalysen verzögert sich, da das ENSI namentlich bezüglich der Plausibilität der Gefährdungsergebnisse und regionaler Auswertungen weitere Abklärungen als notwendig erachtet.

10.3.4 Erhöhung der Sicherheitsmargen

Die Untersuchungen zur Erhöhung der Sicherheitsmargen bei auslegungsschreitenden Störfällen fokussierten sich im Jahr 2014 auf Erdbeben und externe Überflutungen. Für Erdbeben ist die Sicherheitsmarge als Verhältnis der seismischen Kapazität der jeweiligen Betrachtungseinheit (Komponente, Abfahrfeld, Anlage) zum mit einer Häufigkeit von 10^{-4} pro Jahr überschrittenen Beschleunigungswert «Peak-Ground-Acceleration gemäss PEGASOS Refinement Project Intermediate Hazard» definiert. Für externe Überflutungen ist die Sicherheitsmarge die Differenz zwischen der kritischen Überflutungshöhe, welche zu einem Versagen der jeweiligen Betrachtungseinheit führt, und der Referenz-Überflutungshöhe mit einer Überschreitungshäufigkeit von 10^{-4} pro Jahr. Im Jahr 2014 konnte das ENSI die Bewertung der Margenanalyse des KKG abschliessen. Das KKG hat in der Analyse nicht die vom ENSI üblicherweise akzeptierten Gefährdungsannahmen gemäss PEGASOS Refinement Project Intermediate Hazard verwendet, sondern höhere Werte aus den aktuellsten, aber noch nicht vom ENSI bestätigten Gefährdungsannahmen auf Basis des PEGASOS Refinement Project. Das ENSI kommt zum Schluss, dass im Hinblick auf einen eventuellen Langzeitbetrieb des KKG über 40 Jahre hinaus mindestens der Abfahrfeld der Notstandssysteme eine deutliche Sicherheitsmarge gegenüber der Gefährdung durch Erdbebengefahr aufzuweisen hat und der Umfang der Notstandsfunktionen erweitert werden muss.

10.3.5 Wasserstoffmanagement

Bezüglich Wasserstoffmanagement hatten die Betreiber unter anderem die Auswirkungen von Wasserstoffverbrennungen bei auslegungsschreitenden Störfällen im Containment und die Verbreitung von Wasserstoff aus dem Containment in angrenzende Räume zu untersuchen. Die Anlagen mit einem nicht-inertisierten Containment hatten ferner einen Lösungsansatz zur Ausrüstung der Containments mit passiven autokatalytischen Rekombinatoren (PAR) zu erarbeiten oder die bestehende PAR-Auslegung zu überprüfen. Derzeit verfügen die Anlagen jeweils über verschiedene Systeme zum Wasserstoffmanagement, beispielsweise über aktive Zünder, aktive Rekombinatoren, aktive oder passive Durchmischungssysteme. Nur das KKM verfügt über ein inertisiertes Containment. Alle Anlagen verfügen über eine gefilterte Druckentlastung. Zusammenfassend kommt das ENSI nach Überprüfung der Untersuchungen zum Schluss, dass das Wasserstoffmanagement in den Schweizer Kernkraftwerken auf einem hohen Stand ist, die Sicherheit aber weiter erhöht werden kann. So wird das KKG das Containment mit PAR ausrüsten. Das KKL sieht eine Lösung mit passiven Zündern und PAR vor. Das KKB wird die Wasserstoffabbaukapazität durch PAR erhöhen. Nach Erfüllung der entsprechenden ENSI-Forderungen beziehungsweise nach der Realisierung der Nachrüstungen werden alle Schweizer Kernkraftwerke über passive Massnahmen gegen die Wasserstoffgefahr verfügen. Zündfähige Wasserstoffkonzentrationen in Räumen ausserhalb des Containments sind bei einem schweren Unfall mit auslegungsgemässer Dichtheit des Containments und bei erfolgreicher Durchführung der vorgesehenen Accident-Management-Massnahmen nicht zu erwarten.

10.3.6 Severe Accident Management

Das ENSI hat 2014 die Prüfung der Berichte der Kernkraftwerkbetreiber zur Einsatzstrategie der Notfallorganisation abgeschlossen. In diesen Berichten wird die Einsatzstrategie für die Arbeitsorte des Notfallstabs und unterstützender Elemente im Hinblick auf einen langandauernden Einsatz über Tage und Wochen dargelegt. Das ENSI stellte fest, dass die Betreiber den anlageninternen Notfallschutz weiter verbessert haben. Es wurden auch umfangreiche Betrachtungen zu den radiologischen Auswirkungen auf das sich auf der Anlage befindliche Personal

angestellt und Verbesserungspotenzial ausgewiesen. Nach Auffassung des ENSI müssen dem Notfallstab mindestens zwei Einsatzorte zur Verfügung stehen, zum einen auf dem Anlagenareal und zum anderen in einer Entfernung von der Anlage, die auch bei den zu berücksichtigenden erschwerten Randbedingungen ein sicheres und wirksames Handeln ermöglichen. Die Kernkraftwerkbetreiber haben erkannt, dass es hilfreich wäre, aus einigen vorevaluierten Standorten einen geeigneten externen Einsatzraum auswählen zu können. Alle Kernkraftwerkbetreiber haben für die nicht innerhalb des Areals benötigten Teile der Notfallorganisation geeignete externe Räumlichkeiten evaluiert. Das ENSI hat die Betreiber aufgefordert, externe Notfallzentren in die Notfallplanungen einzubeziehen und in den Notfallunterlagen zu dokumentieren.

10.3.7 Gesamtschweizerisches Notfallmanagement

Beim gesamtschweizerischen Notfallmanagement sind im Jahr 2014 die Arbeiten der interdepartementalen Arbeitsgruppe zur Überprüfung der Notfallschutzmassnahmen bei Extremereignissen in der Schweiz (IDA-NOMEX) unter der Koordination des Bundesstabes ABCN weiter fortgeschritten. Bei der Überprüfung der Referenzszenarien hatte die vom ENSI einberufene Arbeitsgruppe die Konsequenzen verschiedener Szenarien für den Notfallschutz untersucht. Die Arbeiten wurden in einem Bericht und in dem dazugehörigen Vernehmlassungsbericht zuhanden des Bundesstabs (BST) ABCN vorgelegt. Der Projektausschuss Notfallschutzkonzept (Konzept für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernanlagen) hat aufgrund dieser Berichte ein Referenzszenario vorgeschlagen. Dieser Vorschlag wurde vom BST ABCN gutgeheissen, so dass im Vergleich zum bisherigen Referenzszenario A3 neu ein Szenario mit 100-mal höheren Abgaben von Halogenen und Aerosolen als Basis für die Notfallvorbereitung gelten soll. Der Bericht der Arbeitsgruppe zur Überprüfung des Zonenkonzepts wurde ebenfalls mit dem dazugehörigen Vernehmlassungsbericht dem BST ABCN vorgelegt und von diesem zustimmend zur Kenntnis genommen. Hauptempfehlung der Arbeitsgruppe bleibt, dass die Sektoren der Zone 2 nicht mehr überlappend sein sollen. Die Ergebnisse dieser beiden IDA-NOMEX-Massnahmen fliessen in das Notfallschutzkonzept ein, welches unter der Federführung des BABS überarbeitet wird. Sie haben zudem einen Einfluss auf die laufende Totalrevision der Strahlenschutzverordnung und die

vorgesehenen Anpassungen der ABCN-Einsatzverordnung und der Notfallschutzverordnung. Der BST ABCN informiert den Bundesrat regelmässig über den Stand der Umsetzung von IDA-NOMEX. Voraussichtlich können die Arbeiten der IDA-NOMEX im 2015 abgeschlossen werden.

10.3.8 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 «National Action Plan» genannten Statusbericht über den Stand der nach Fukushima ergriffenen Massnahmen. Im Frühling 2013 wurden die «National Action Plans» im Rahmen eines internationalen Workshops einer Peer-Review unterzogen. Der «National Action Plan» der Schweiz wurde positiv beurteilt. Die dabei formulierte einzige Herausforderung, mit erhöhter Priorität die Arbeiten in Bezug auf die Containmentintegrität voranzutreiben, ist das ENSI konsequent angegangen. Für Ende Dezember 2014 hat die ENSREG die Länder aufgefordert, ihre «National Action Plans» im Hinblick auf eine Wiederholung der Peer-Review in einem Workshop im Frühling 2015 aufzudatieren. Entsprechend hat das ENSI den Schweizer «National Action Plan» mit Stand Ende 2014 verfasst. Dieser fasst die Details der Umsetzung der von ENSREG formulierten und von verschiedenen internationalen Gremien verabschiedeten Empfehlungen in der Schweiz zusammen.

Die Umsetzung der aufgrund des Unfalls von Fukushima getroffenen Massnahmen wird 2015 weitergeführt. Ein detaillierter aktueller Rück- und Ausblick findet sich jeweils im jährlichen Bericht «Aktionsplan Fukushima».

10.4 Convention on Nuclear Safety

Vom 24. März bis 4. April 2014 hat bei der Internationalen Atomenergieagentur IAEA in Wien die 6. Überprüfungskonferenz der Convention on Nuclear Safety CNS stattgefunden. Dabei wurden die eingereichten Länderberichte einer internationalen Überprüfung unterzogen. Die Schweiz hatte ihren Länderbericht fristgerecht im August 2013 bei der IAEA eingereicht.

Bei der Überprüfung loben die ausländischen Nuklearexperten speziell das Verfahren, wie die Erdbebengefährdung für die Standorte der Kernkraftwerke in der Schweiz ermittelt wird. Die Schweiz hat im PEGASOS Refinement Project ein Verfahren gemäss dem SSHAC Level 4 angewendet, welches die höchste und damit anspruchsvollste Stufe eines international anerkannten Vorgehens ist. Als empfehlenswerte Praxis bezeichneten die internationalen Experten zudem das seit vielen Jahren praktizierte laufende Nachrüsten der Kernkraftwerke. Als empfehlenswert wurden auch die vertiefte Auseinandersetzung mit der Sicherheitskultur, der jährlich aktualisierte Aktionsplan Fukushima sowie das Externe Lager in Reitnau bezeichnet.

Zudem hatte die Schweiz im November 2013 einen Vorschlag zur Änderung der Konvention eingereicht. Durch die Erweiterung des Artikels 18 der CNS sollte das fundamentale Auslegungsprinzip der Reaktoren der dritten Generation verbindlich festgelegt und eine Nachrüstpflcht für bestehende Kernkraftwerke gefordert werden.

Die Mehrheit der Vertragsstaaten hat beschlossen, eine Diplomatische Konferenz einzuberufen, um den Schweizer Vorschlag weiter zu diskutieren und zu verhandeln. Das ENSI hat zusammen mit dem Eidgenössischen Departement für auswärtige Angelegenheiten EDA in den folgenden Monaten die Diplomatische Konferenz vorbereitet, welche im Februar 2015 in Wien stattgefunden hat. Dabei haben sich alle teilnehmenden Länder auf die Wiener Erklärung geeinigt, welche alle Sicherheitsprinzipien enthält, die aus dem ursprünglichen Schweizer Vorschlag zur Abänderung der CNS hervorgingen.

Die Prinzipien beinhalten im Wesentlichen die folgenden Elemente:

- Neue Kernkraftwerke sollen nach den neuesten Sicherheitsstandards und Technologien ausgelegt und gebaut werden mit dem Ziel, Unfälle zu vermeiden. Falls es trotzdem zu einem Unfall kommt, sind dessen Auswirkungen zu lindern und frühe sowie grosse Freisetzungen von radioaktivem Material zu verhindern.
- Die Sicherheit der bestehenden kerntechnischen Anlagen soll systematisch und regelmässig neu bewertet werden und als Bezugsgrösse für die zeitgerechte Umsetzung von vernünftigerweise durchführbaren Sicherheitsverbesserungen verwendet werden.

Die neuen Vorgaben sind nun Teil des Überprüfungsprozesses der CNS. Über deren Umsetzung soll an der nächsten Überprüfungskonferenz im Jahr 2017 berichtet werden. Sie sind jedoch rechtlich nicht verbindlich. Die Sicherheitsprinzipien ähneln den schon bestehenden Forderungen in der Europäischen Union EU und der Schweiz. Die Schweiz wird sich aktiv an der Umsetzung der Wiener Erklärung innerhalb dieses Überprüfungsprozesses beteiligen.

Anhang

Sicherheitsbewertung		115
Abbildung 1	ENSI-Sicherheitsbewertungs-Skala	116
Abbildung 2	Definition der ENSI-Kategorien G, N, V und A	118
Tabelle 1	Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2014	119
Tabelle 2	Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2014	119
Tabelle 3	Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2014	119
Tabelle 4	Meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2014	120
Tabelle 5	Kollektivdosen in den schweizerischen KKW im Berichtsjahr	120
Tabelle 6a	Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2014 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	121
Tabelle 6b	Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2014 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	122
Tabelle 6c	Fussnoten	123
Tabelle 7	Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten	124
Tabelle 8	Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI per 31.12.2014	125
Tabelle 9	Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG per 31.12.2014	125
Tabelle 10	Richtlinien des ENSI	126
Figur 1	Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 2005–2014	128
Figur 2	Vorkommnisse 2005–2014	129
Figur 3	Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 2005–2014	130
Figur 4	Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 2005–2014	131
Figur 5	Jahreskollektivdosen (Personen-mSv/Jahr) der Kernanlagen, 1982–2014	132
Figur 6	Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW	132
Figur 7a	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	133
Figur 7b	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	133
Verzeichnis der Abkürzungen		135

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 verfügbar.

Das ENSI hat die Ergebnisse von Inspektionen, Zulassungsprüfungen, 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	1060	1275
Elektrische Nettoleistung [MW]	365	365	373	1010	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 2014

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	9070	9500	8885	24008	28401
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	2921	3054	3040	7962	9458
Abgegebene thermische Energie [GWh]	147,4	15,9	1,4	176,4	0
Zeitverfügbarkeit ¹ [%]	91,9	96,3	93,0	91,7	91,0
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	3,5	3,8	7,0	8,7	9,3
Arbeitsausnutzung ² [%]	91,4	95,5	92,3	92,1	88,7
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	0	0	0	0	1
Unvorhergesehenes Abfahren der Anlage	2	0	0	0	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen ³ (>10% P _N)	0	1	2	2	2

Tabelle 2
Betriebsdaten
der schweizerischen
Kernkraftwerke 2014

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 >10% P_N an der Tagesleistung gemessen

	KKB 1 + 2	KKM	KKG	KKL
Reaktoroperateur	35 (38)	14 (20)	25 (25)	33 (28)
Schichtchef	30 (27)	14 (13)	16 (16)	18 (24)
Piketzingenieur	14 (14)	9 (9)	13 (13)	10 (10)
Strahlenschutzsachverständiger	3 (4)	4 (4)	3 (3)	5 (4)
Strahlenschutzfachkraft	9 (8)	11 (7)	7 (8)	8 (9)
Strahlenschutztechniker	5 (6)	5 (6)	5 (4)	6 (6)
Gesamtbelegschaft (Personen)	529 (544)	363 (345)	529 (515)	551 (549)

Tabelle 3
Bestand an zulas-
sungspflichtigem
Personal und Gesamt-
belegschaft in
den Kernkraftwerken
Ende 2014 (in Klammern
Werte von 2013)

Tabelle 4
Meldepflichtige
Vorkommnisse im
Bereich der nuklearen
Sicherheit 2014

Datum	KKW	Vorkommnis	Einstufung INES
14.1.2014	KKL	Laufzeitüberschreitung eines SCRAM-Einlassventils bei Test	0
28.1.2014	KKG	Leistungsreduktion nach Turbinenschnellabschaltung	0
8.2.2014	KKB1	Ausfall eines Kanals der Temperaturmessung im Primärkreislauf	0
21.2.2014	KKG	Wellenbruch an einem Harztrocknungsgebläse	0
20.3.2014	KKM	Beschädigte Abstandshalter an neuen Brennelementen	0
23.3.2014	KKG	Störung an einer Gebäudeabschlussarmatur	0
2.4.2014	KKB1	Riss im Gehäuse einer Rückschlagklappe des Restwärmesystems	0
6.4.2014	KKG	Ausfall einer Messstelle der radiologischen Fortluftüberwachung im Kamin	0
11.4.2014	KKM	Nicht ausreichend konservative Betriebsgrenze für den Reaktorkern	0
22.4.2014	KKB2	Störung in der Kälteanlage des Notstandgebäudes	0
5.5.2014	KKL	Ausfall des Annulusabluftsystems bei Instandhaltungsarbeiten	0
26.5.2014	KKB1	Störung in der Kälteanlage des Notstandgebäudes	0
11.6.2014	KKB1	Störung in der Kühlwassertemperaturmessung einer Reaktorhauptpumpe	0
16.6.2014	KKB1	Riss einer Entleerungsleitung im primären Nebenkühlwassersystem	0
19.6.2014	KKB2	Leistungsreduktion nach einer Fehlhandlung bei Instandsetzungsarbeiten an der Turbinenleistungsmessung	0
19.6.2014	KKG	Anforderung eines Notstanddiesels bei Schienenumschaltung	0
24.6.2014	KKL	Bohrlöcher im Primärcontainment	1
24.6.2014	KKM	Nicht ausreichend konservative Betriebsgrenze für den Reaktorkern	0
5.7.2014	KKL	Reaktorschnellabschaltung bei Steuerstabmusteranpassung	0
12.7.2014	KKL	Hüllrohrschaden an einem Brennstab im 30. Betriebszyklus	0
14.7.2014	KKG	Anforderung der Dieselpumpen der zweiten Wasserfassung	0
28.7.2014	KKG	Leistungsreduktion während Inbetriebsetzungsarbeiten an der neuen Leittechnik	0
4.8.2014	KKM	Ausfall einer Reaktorummwälzpumpe	0
9.8.2014	KKM	Ausfall einer Reaktorummwälzpumpe	0
13.8.2014	KKM	Fehlerhaftes Fahren eines Steuerstabs bei Kritikalitätstest	0
18.8.2014	KKG	Fehlerhafte analoge Steuerstabstellungs-Messungen	0
18.8.2014	KKB2	Erhöhte Ortsdosisleistung im Brennelement-Transferbecken	0
1.9.2014	KKB2	Bruch der Entlastungsleitung einer Ladepumpe	0
16.9.2014	KKG	Risse im Schauglas eines Kühlmittelentgasers	0
7.10.2014	KKG	Riss an einer Leckölleitung einer Dieselpumpe der zweiten Wasserfassung	0
8.10.2014	KKL	Leistungstransiente durch fehlerhaftes Öffnen der Umwälzmengenregelventile	0
15.10.2014	KKL	Leistungsreduktion durch Störung in der Umwälzmengenregelung	0
18.10.2014	KKL	Unbeabsichtigtes Ausfahren eines Steuerstabs	0
3.11.2014	KKB2	Bruch eines Entlüftungsstutzens des Notstanddiesels	0
12.11.2014	KKM	Abriss einer Rohrschelle einer Leitung des Kernsprühsystems	0
17.11.2014	KKL	Leistungsreduktion durch Störung in der Turbinenregelung	0
23.11.2014	KKM	Fehler in der Signalübermittlung in einem Kanal des Reaktorschutzes	0
11.12.2014	KKG	Risse an einer Schmieröl- und einer Kühlwasserleitung eines Notstromdiesels	0

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

	KKB 1		KKB 2		KKG		KKL		KKM	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Aktionen										
BE-Wechsel	85	113		45						
Revisionsstillstand			220		602	425	797	1080	656	630
Zwischenabstellung		54							16	
Leistungsbetrieb	40	39	39	40	69	57	470	398	286	284
Total	125	206	259	85	671	482	1267	1478	958	914

Ort	Medium	Art der Abgaben ¹	Bilanzierte Abgaben ²				Berechnete Jahresdosis ³		
			Messung	Normiert ^{1,2}	Limiten ⁴		Erw.	10j Kind	1j Kind
			Bq pro Jahr	Bq pro Jahr	Bq pro Jahr	Prozent der Limite	mSv/Jahr	mSv/Jahr	mSv/Jahr
KKB1 + KKB2	Abwasser 3300 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4,1·10 ⁸	–	4·10 ¹¹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	1,0·10 ¹³	1,0·10 ¹³	7·10 ¹³	14%	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	3,9·10 ¹²	3,7·10 ¹²	1·10 ¹⁵	0,4%	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	1,7·10 ⁵	–	6·10 ⁹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	2,9·10 ⁵	5,8·10 ⁵	4·10 ⁹	0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	3,6·10 ¹⁰	–	–	–	<0,001	0,001	0,0016
	Dosis total					<0,001	0,0012	0,0018	
KKG	Abwasser 7514 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	2,3·10 ⁶	–	2·10 ¹¹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	1,5·10 ¹³	1,5·10 ¹³	7·10 ¹³	21%	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	<6,0·10 ¹²	<6,6·10 ¹²	1·10 ¹⁵	<0,7%	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	5,0·10 ⁴	–	1·10 ¹⁰	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	2,7·10 ⁵	–	7·10 ⁹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	1,1·10 ¹¹	–	–	–	<0,001	<0,001	0,0012
	Dosis total					<0,001	<0,001	0,0013	
KKL	Abwasser 13865 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	1,6·10 ⁸	–	4·10 ¹¹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	1,3·10 ¹²	1,3·10 ¹²	2·10 ¹³	7%	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2,7·10 ¹²	–	2·10 ¹⁵	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	2,5·10 ⁷	–	2·10 ¹⁰	0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	5,1·10 ⁸	5,1·10 ⁸	2·10 ¹⁰	2,6%	<0,001	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	6,3·10 ¹¹	–	–	–	0,0024	0,0031	0,0053
	Dosis total					0,0025	0,0033	0,0057	
KKM	Abwasser 3122 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	7,5·10 ⁸	–	4·10 ¹¹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	9,0·10 ¹⁰	9,0·10 ¹⁰	2·10 ¹³	0,5%	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	5,7·10 ¹⁰	–	2·10 ¹⁵	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	2,4·10 ⁶	–	2·10 ¹⁰	<0,1%	0,0026	0,0025	0,0023
		Iod: ¹³¹ I	5,2·10 ⁵	–	2·10 ¹⁰	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	3,4·10 ¹¹	–	–	–	<0,001	0,0011	0,0019
	Dosis total					0,0034	0,0036	0,0042	
ZZL	Abwasser 413 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	6,1·10 ⁸	–	2·10 ¹¹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	2,4·10 ⁹	–	–	–	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	β-/γ-Aerosole	1,0·10 ⁴	–	1·10 ⁹	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		α-Aerosole	1,4·10 ⁴	–	3·10 ⁷	–	<0,001	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	3,0·10 ⁸	–	1·10 ¹²	<0,1%	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	1,1·10 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 2014 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 2014 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	1,3·10 ¹²	–	–	–	–
β/γ-Aerosole ⁴ , ohne Iod	7,9·10 ⁷	–	–	–	4,8·10 ⁴
α-Aerosole	–	–	–	–	–
Iod (Summe aller Isotope)	2,1·10 ⁷	–	–	–	–
Tritium als HTO	1,8·10 ¹¹	–	–	1,5·10 ¹⁰	1,4·10 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 1298 m ³	Abluft	Aequivalent- abgaben
Abgaben im Abwasser^{2,4} [Bq/a]						
Nuklidgemisch ohne Tritium	–	–	–	3,0·10 ⁸	–	8,6·10 ⁷
Tritium	–	–	–	2,2·10 ¹²	–	–
Abgaben über die Abluft^{2,4} [Bq/a]						
Edelgase und andere Gase	1,8·10 ¹⁴	2,0·10 ⁹	–	–	1,8·10 ¹⁴	4,0·10 ¹⁴
β/γ-Aerosole ⁴ , ohne Iod	2,9·10 ¹⁰	1,4·10 ⁶	2,2·10 ⁴	–	2,9·10 ¹⁰	–
α-Aerosole	–	–	–	–	–	–
Iod (Summe aller Isotope)	7,3·10 ⁷	–	–	–	9,4·10 ⁷	3,4·10 ⁷
Tritium als HTO	1,6·10 ¹²	–	–	–	1,8·10 ¹²	–
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	–	–	–	–	–	–
Jahresdosis³ [mSv/Jahr] für:						
Erwachsene	0,008	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,009	<0,009
Kind 10j	0,008	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,009	<0,009
Kleinkinder	0,008	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,009	<0,009
Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert¹	5,3%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<6%	<6%

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 (-).

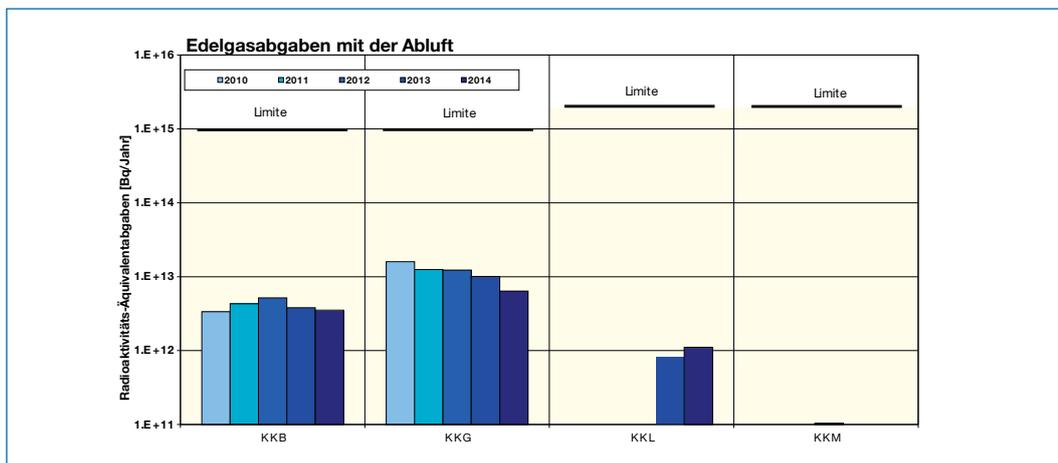
³ Die **Jahresdosis** ist für Personen berechnet, die sich dauernd am kritischen Ort aufhalten, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort beziehen und ihren gesamten Trinkwasserbedarf aus dem Fluss unterhalb der Anlage decken. Die Dosis wird mit den in der Richtlinie ENSI-G14 angegebenen Modellen und Parametern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

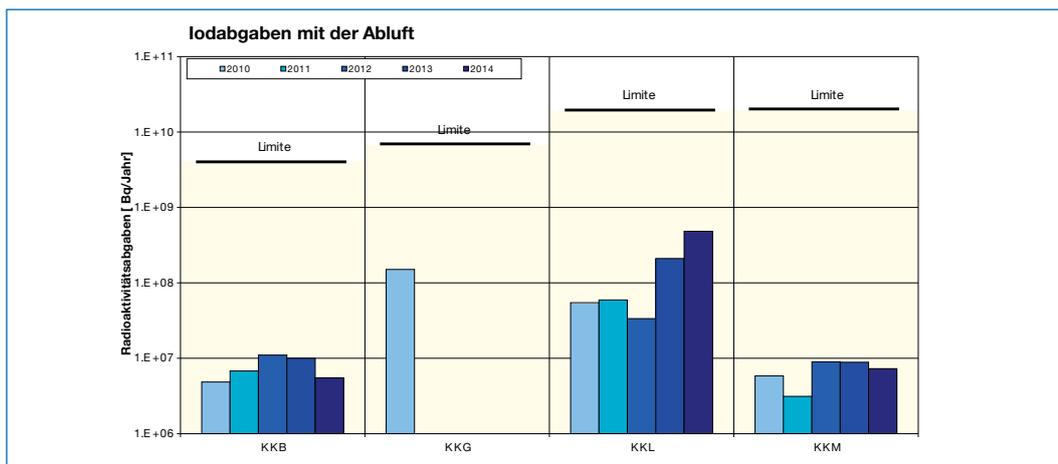
⁴ **Abgabelimite** gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die Abgabelimite wurden so festgelegt, dass die Jahresdosis für Personen in der Umgebung (vgl. Fussnote 3) für die Kernkraftwerke unter 0,3 mSv/Jahr respektive das Zentrale Zwischenlager in Würenlingen (ZZL) unter 0,05 mSv/Jahr bleibt. 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

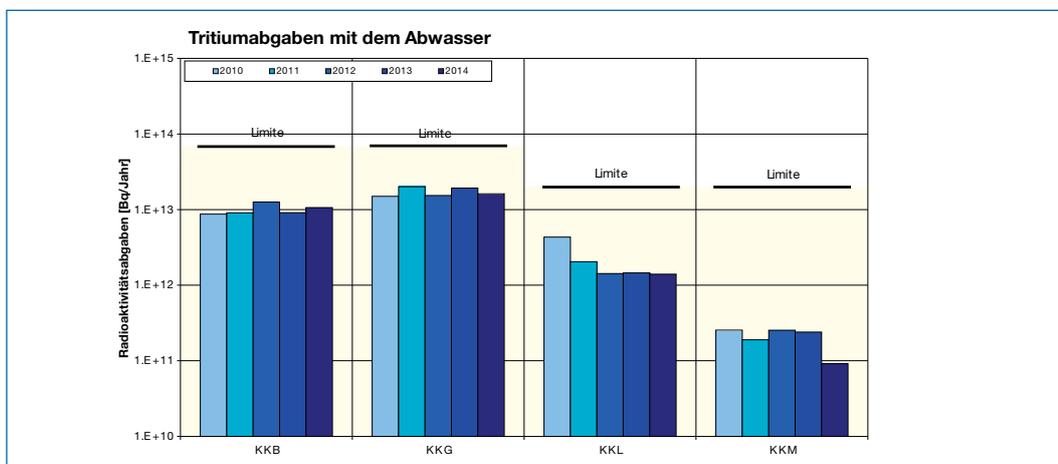
Abluft
Edelgase



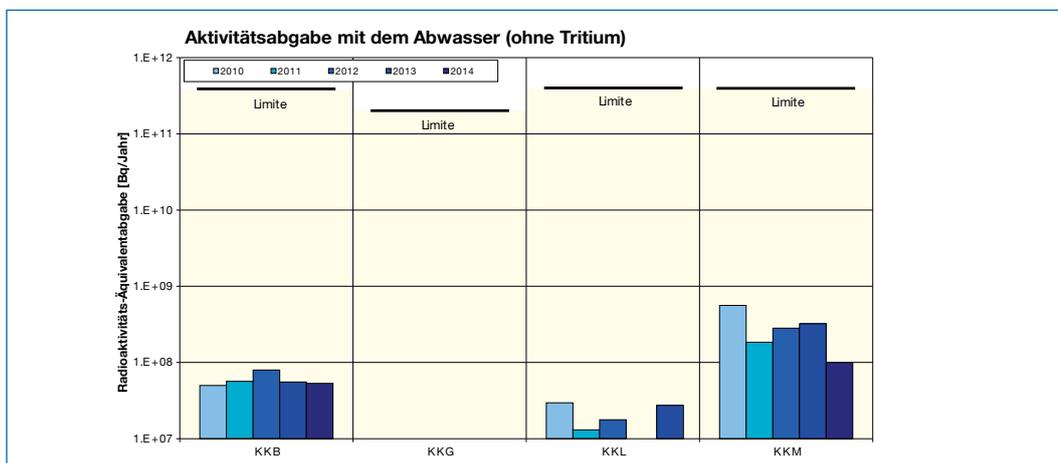
Abluft
Iod



Abwasser
mit Tritium



Abwasser
ohne Tritium



	unkonditioniert			konditioniert		
	Anfall	Auslagerung ¹	Bestand	Produktion	Auslagerung ²	Bestand
PSI	38	–	471	9	–	1546
KKB	17	44	56	10	–	1178
KKM	25	22	48	21	18	903
KKG	18	34	22	9	–	245
KKL	40	45	11	35	–	1359
Total	138	145	608	84	18	5231

Tabelle 8

Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und bei der Bundessammelstelle am PSI per 31.12.2014 (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]	77 ¹	179	241 ³	48
Bestand (konditionierte Abfälle)		Einlagerung	Auslagerung	Bestand
Bruttovolumen konditionierter Abfälle ⁴ [m ³]		77		1722
Anzahl Behälter mit Brennelementen		–		29
Anzahl Behälter mit Glaskokillen		2		13
Anzahl Behälter mit Lucens-Abfällen		–		6

Tabelle 9

Radioaktive Abfälle in den Anlagen der Zwiilag per 31.12.2014

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 2014.

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	
G07	Organisation von Kernanlagen	Juli 2013
G08	Systematische Sicherheitsbewertungen des Betriebs von Kernanlagen	
G09	Betriebsdokumentation	Juni 2014
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	April 2014
G18	Brand- und Blitzschutz für Kernanlagen	
G19	Kommunikationsmittel für Kernkraftwerke	
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	
A03	Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken	Oktober 2014
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	

Ref.	Titel	Stand
B01	Alterungsüberwachung	Juli 2011
B02	Periodische Berichterstattung der Kernanlagen	April 2014 (Revision 4)
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

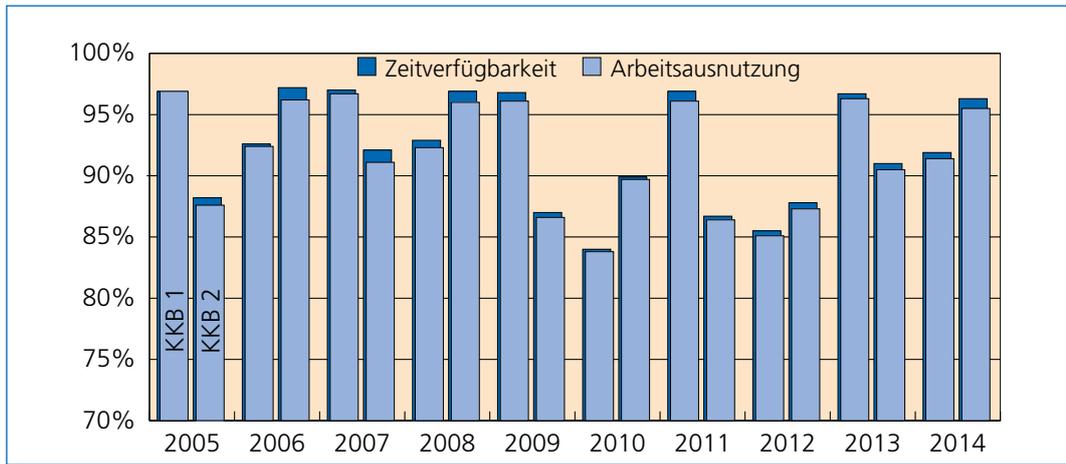
B-Richtlinien
(Richtlinien für
Betriebsüberwachung)

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-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-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

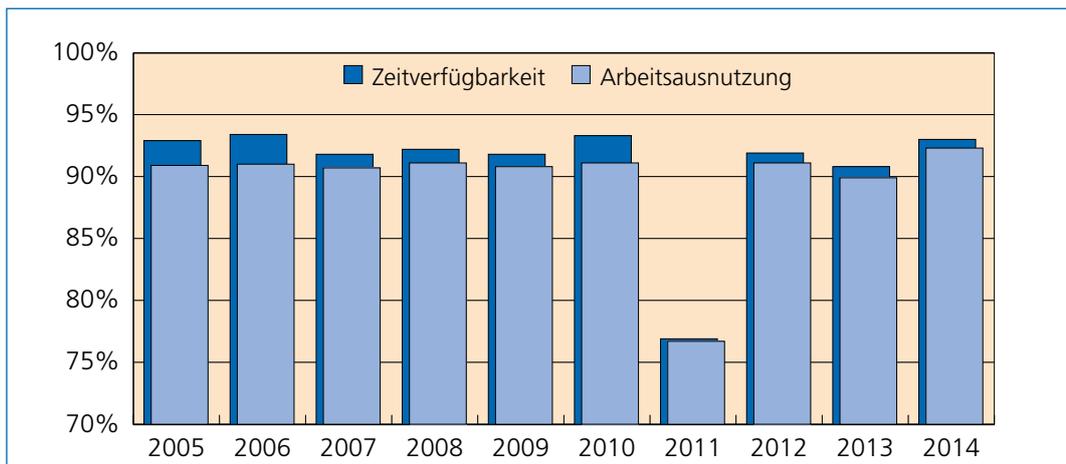
R-Richtlinien
(von der früheren
Hauptabteilung für
die Sicherheit der
Kernanlagen HSK
verabschiedet)

Figur 1
Zeitverfügbarkeit
und Arbeitsausnutzung
2005-2014

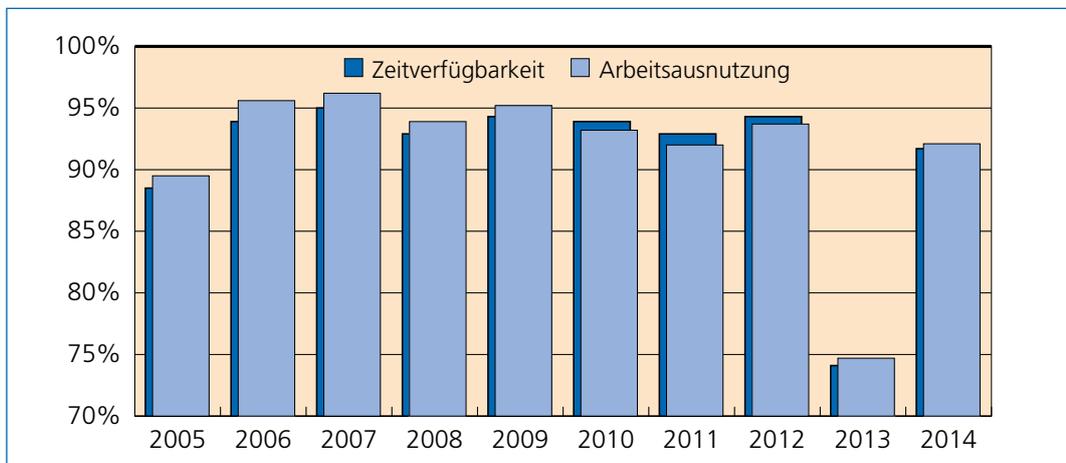
KKB 1 + 2



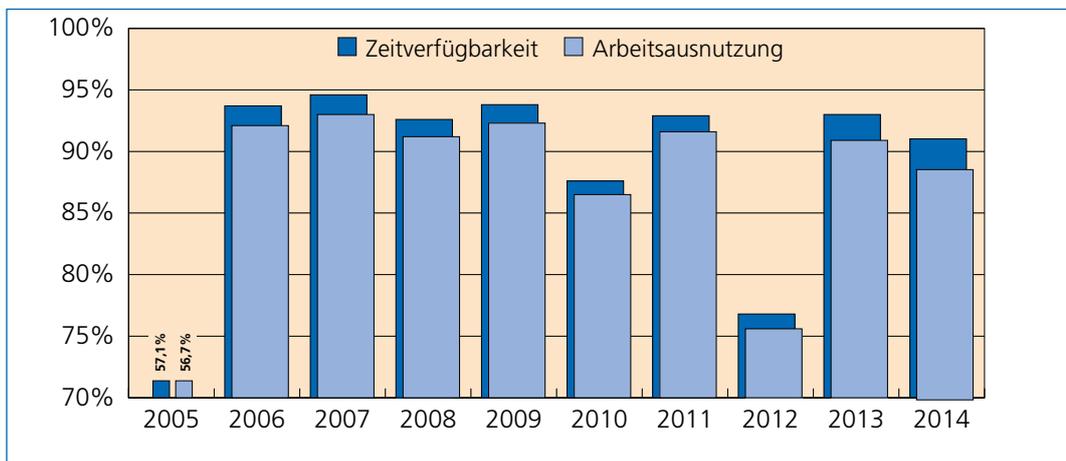
KKM

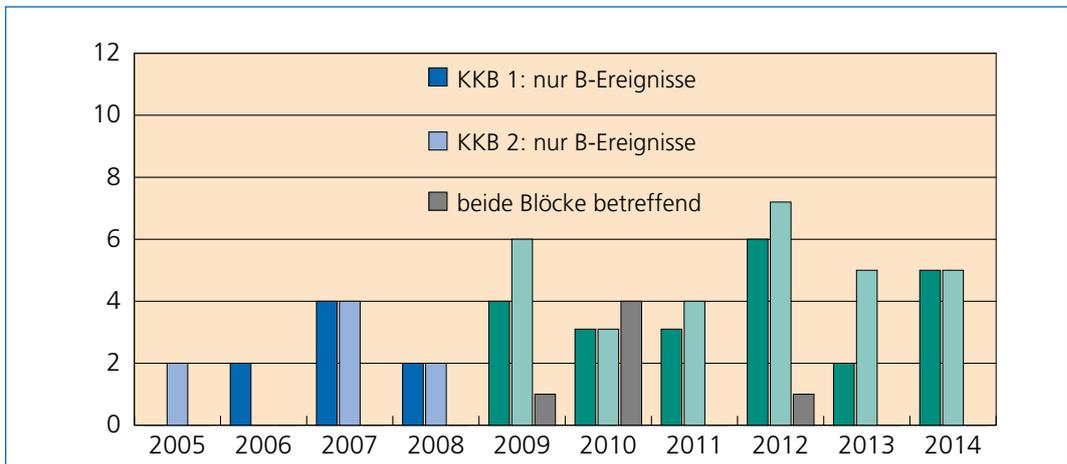


KKG



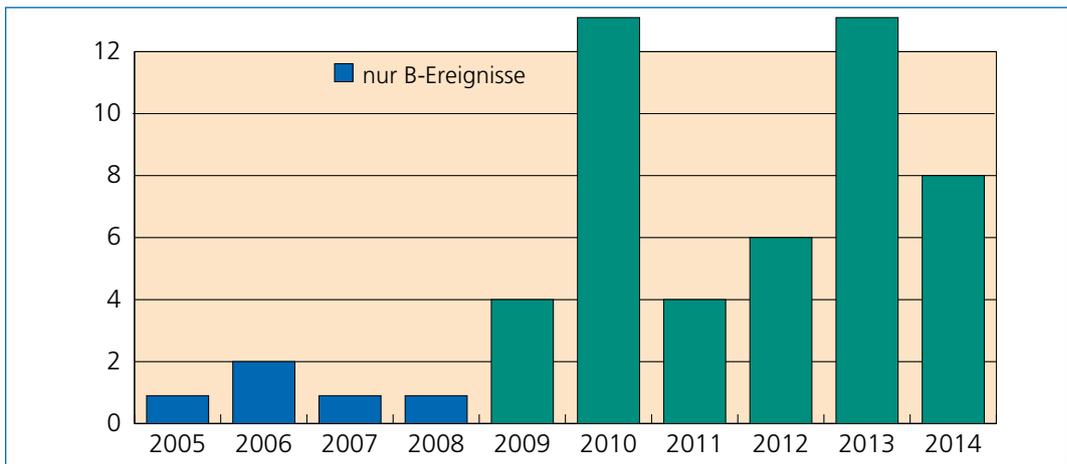
KKL



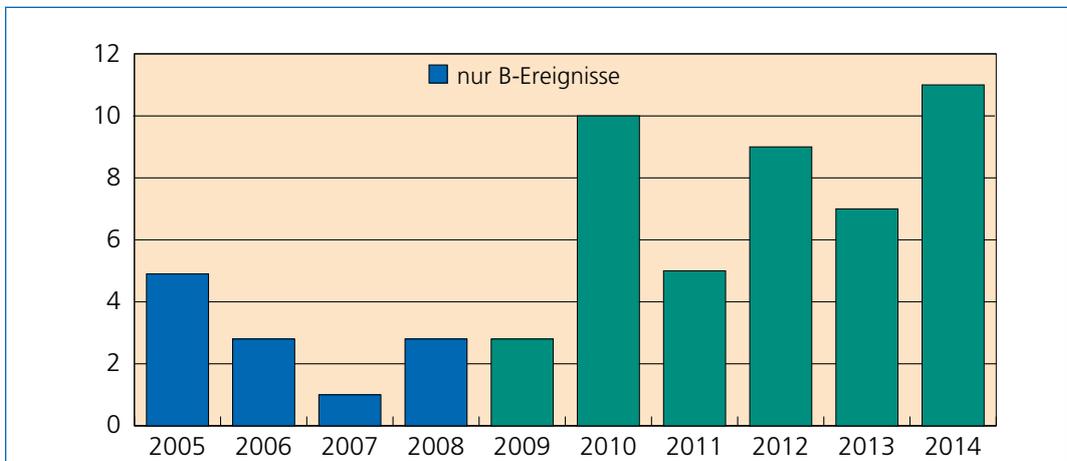


Figur 2
Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse, 2005–2008 sowie meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2009–2014. Aufgrund der geänderten Meldekriterien können die Zahlen vor 2009 nicht mit denjenigen ab 2009 verglichen werden.

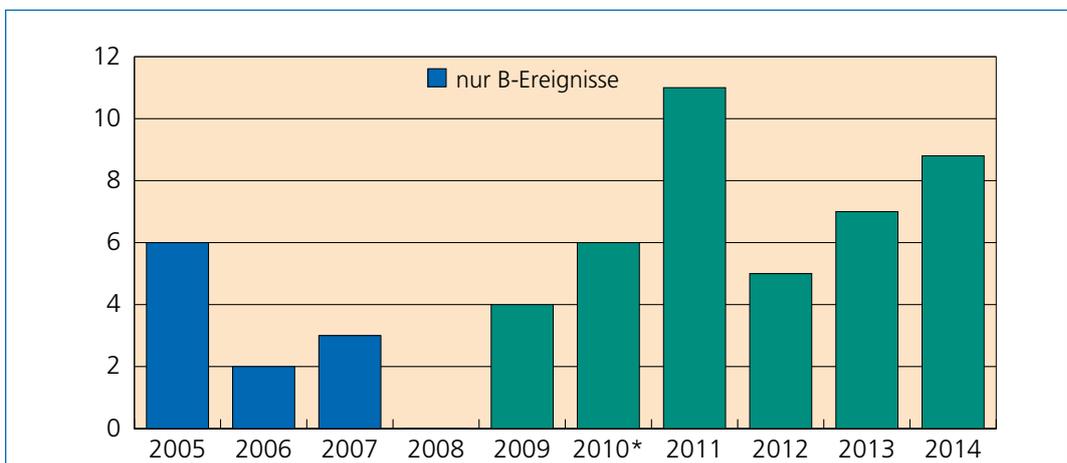
KKB 1 + 2



KKM



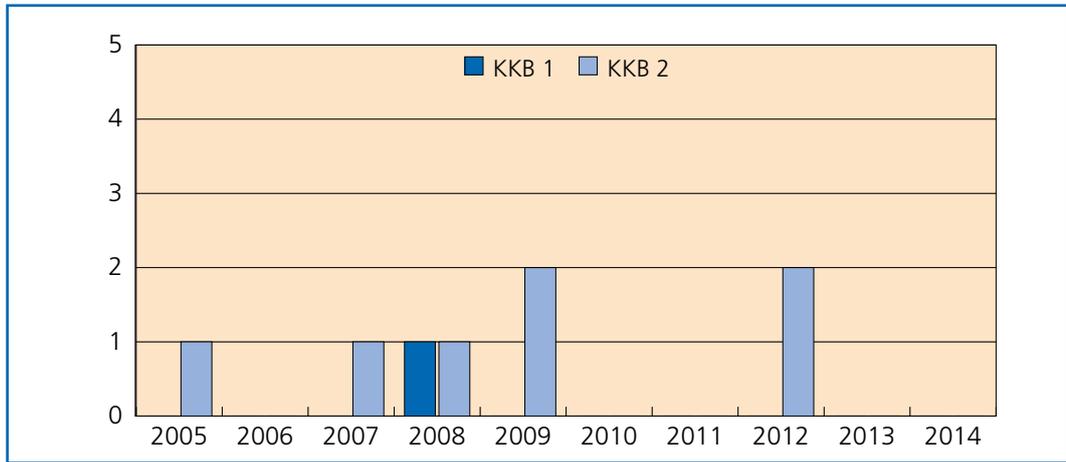
KKG



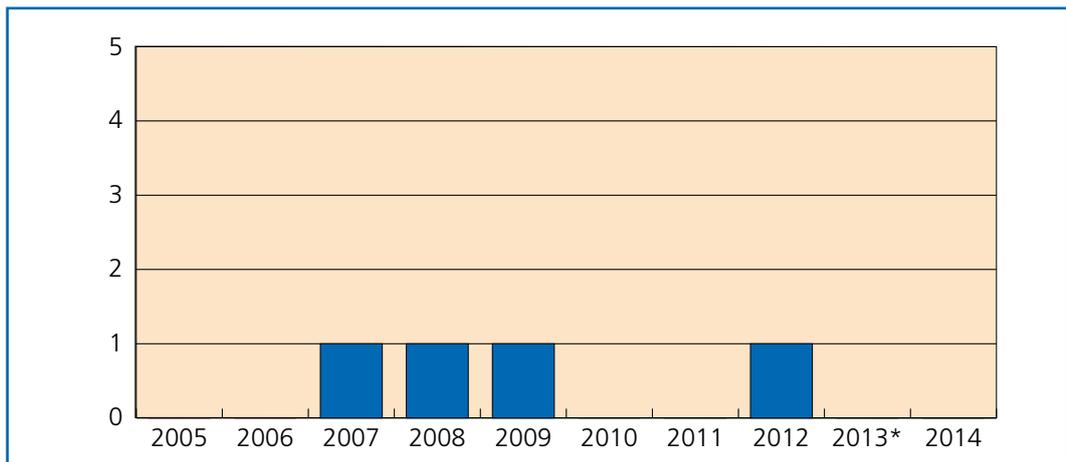
KKL

Figur 3
 Ungeplante Reaktor-
 schnellabschaltungen
 (Scrams), 2005-2014

KKB 1 + 2

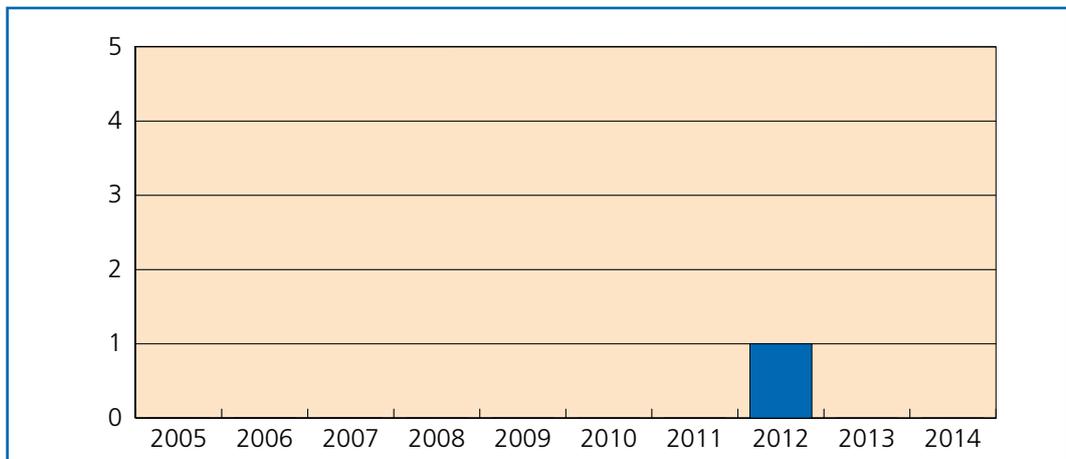


KKM

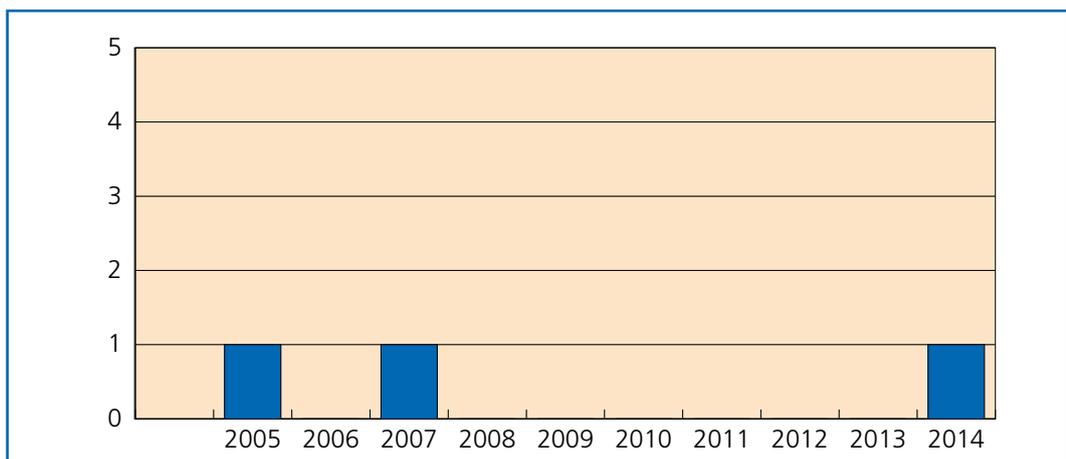


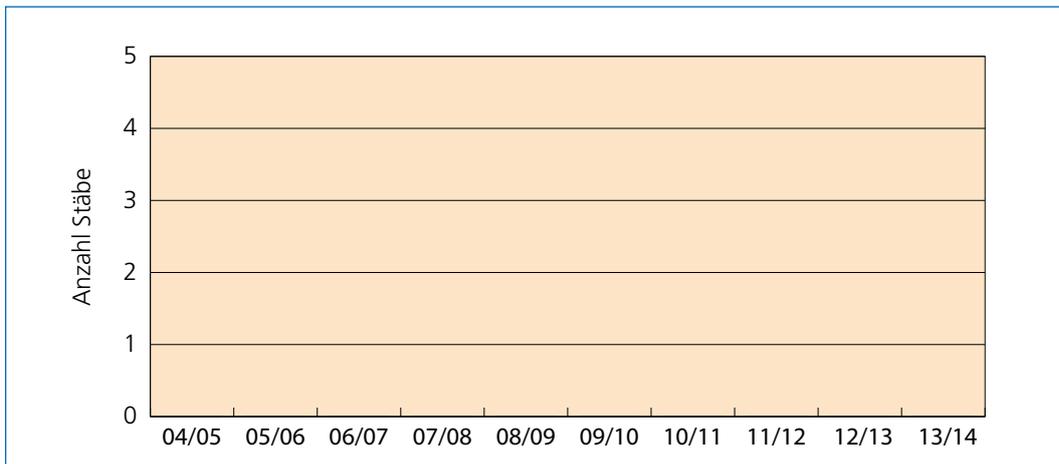
* Scram bei
 Kritikalitätstest
 vor BE-Wechsel
 bei Nullleistung

KKG



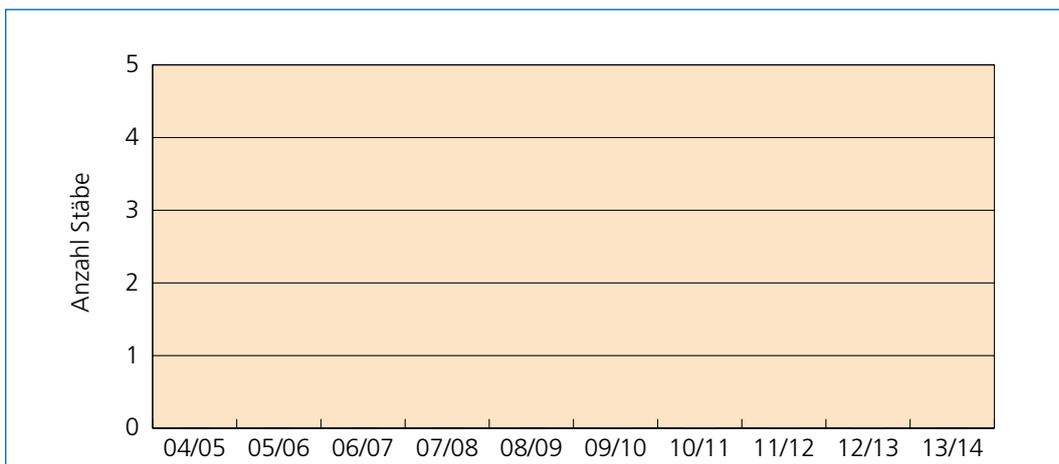
KKL



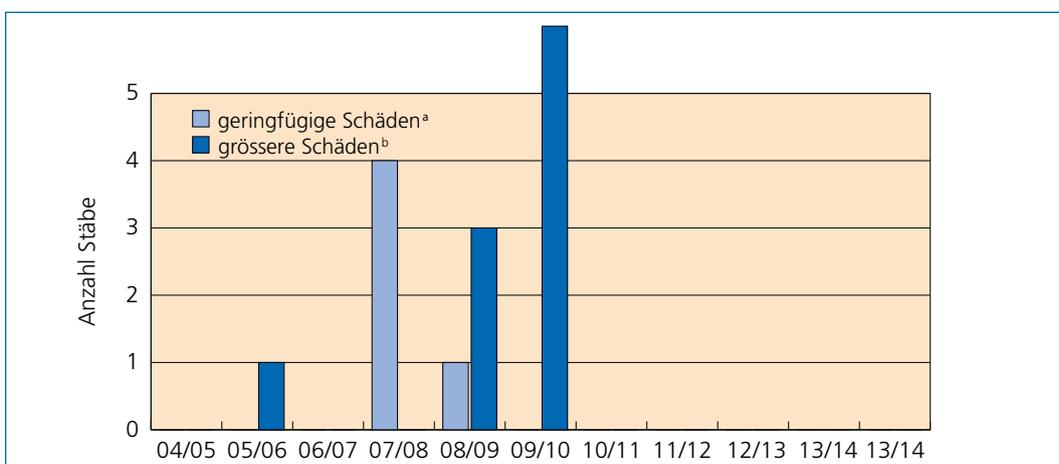


Figur 4
Brennstabschäden
(Anzahl Stäbe),
2005–2014

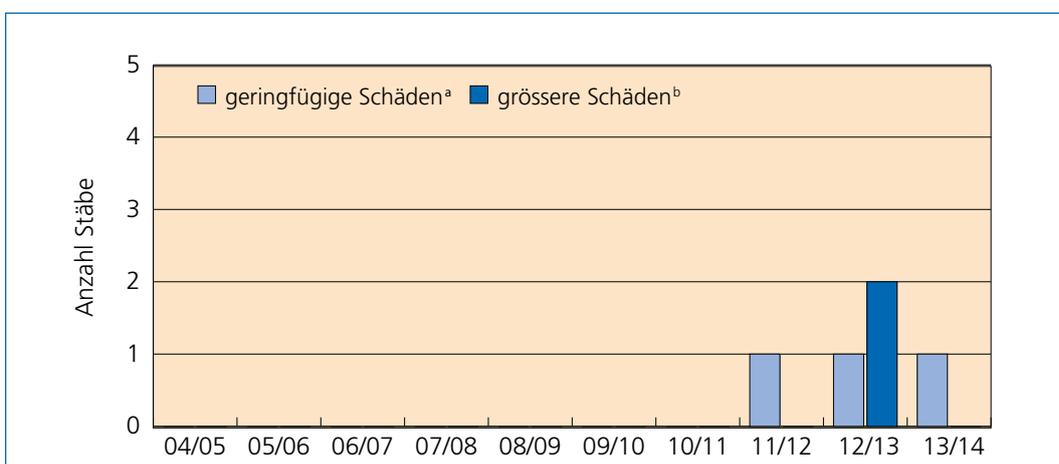
KKB 1 + 2



KKM



KKG

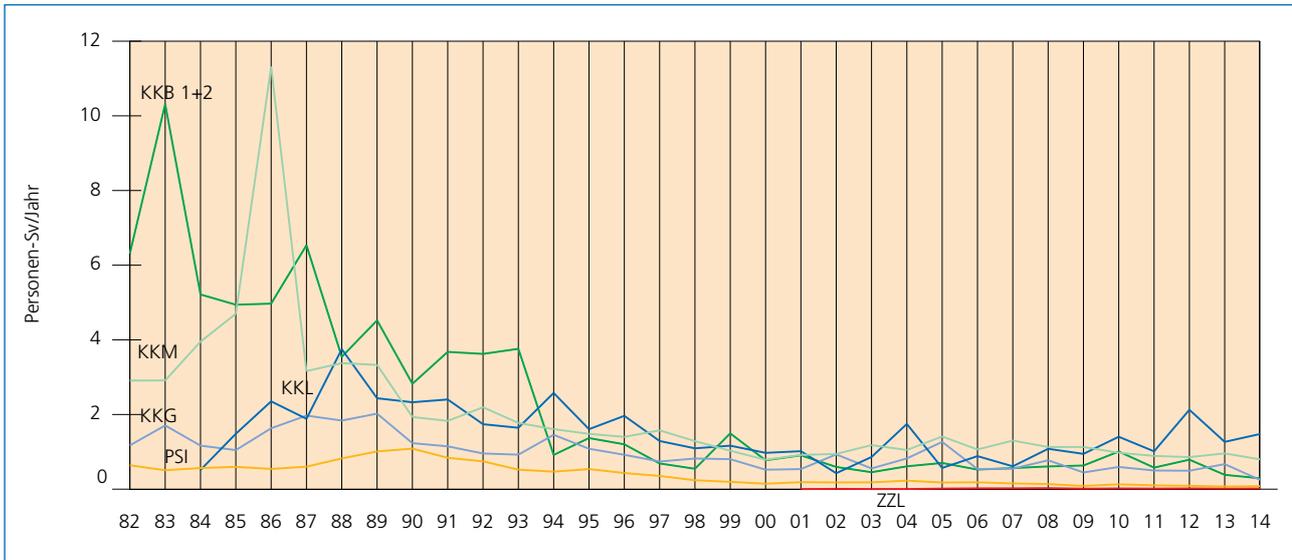


KKL

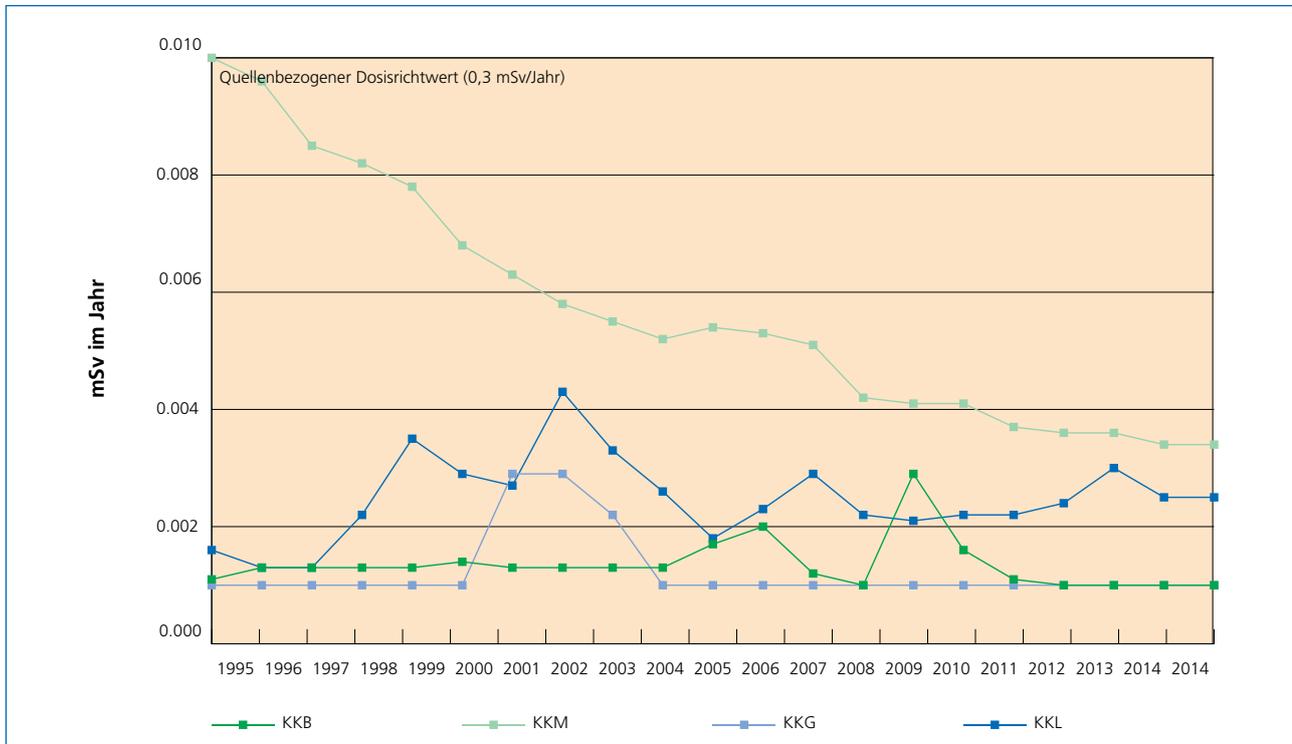
^a z.B. Haarrisse
im Hüllrohr

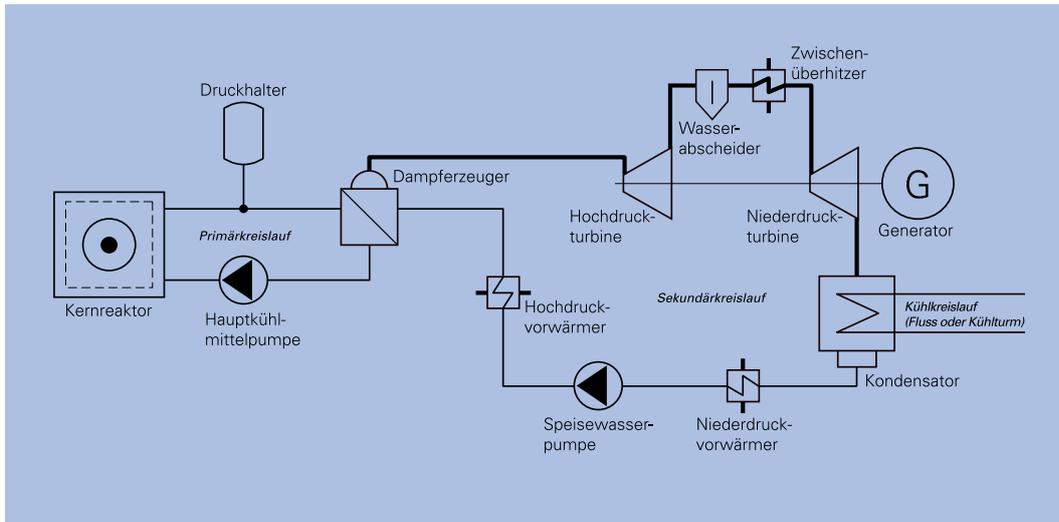
^b z.B. grosser Riss oder
Bruch des Hüllrohrs
mit Brennstoff-
auswaschung

Figur 5
 Jahreskollektivdosen
 der Kernanlagen in der
 Schweiz in Pers.-Sv,
 1982–2014

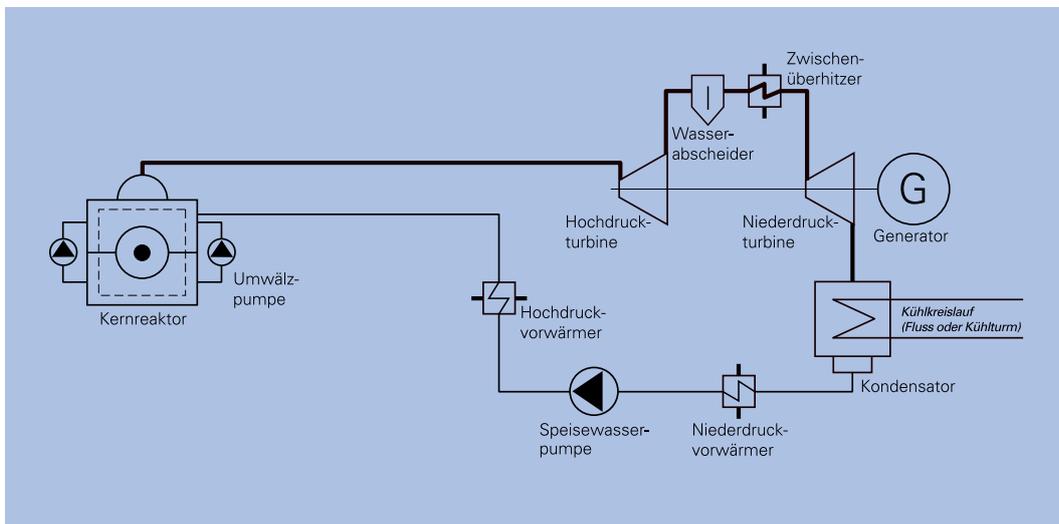


Figur 6
 Berechnete Dosen für
 die meistbetroffenen
 Personen¹ (Erwachsene)
 in der Umgebung der
 schweizerischen KKW





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
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
<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
<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
<hr/>	

LMA	Langlebige mittelradioaktive Abfälle
LOCA	Loss of coolant accident
LWR	Leichtwasserreaktor
<hr/>	
MAA	Mittelradioaktive Abfälle
MADUK	Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernanlagen
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MOX	Uran-Plutonium-Mischoxid
mSv	Millisievert = 10^{-3} Sievert
μ Sv	Mikrosievert = 10^{-6} Sievert
MW	Megawatt = 10^6 Watt, Leistungseinheit
MWe	Megawatt elektrische Leistung
MWth	Megawatt thermische Leistung
<hr/>	
NADAM	Netz für die automatische Dosisleistungsmessung und -alarmierung
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NAZ	Nationale Alarmzentrale, Zürich
NEA	Nuclear Energy Agency, Kernenergieagentur der OECD, Paris
NFO	Notfallorganisation
NTB	Nagra Technischer Bericht
<hr/>	
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OSART	Operational Safety Review Team (IAEA)
<hr/>	
Pers.-mSv	Personen-Millisievert = 10^{-3} Personen-Sievert
Pers.-Sv	Personen-Sievert = Kollektivstrahlendosis
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSI	Paul Scherrer Institut, Würenlingen und Villigen
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
<hr/>	
QM	Qualitätsmanagement
QS	Qualitätssicherung
<hr/>	
RDB	Reaktordruckbehälter
RID	Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail
<hr/>	

SAA	Schwachradioaktive Abfälle
SAMG	Severe Accident Management Guidance
SMA	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle
StSG	Strahlenschutzgesetz
StSV	Strahlenschutzverordnung
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Luzern
Sv	Sievert = Strahlendosisäquivalent
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
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-9252
ISSN 1661-2876

© ENSI, Juni 2015

ENSI-AN-9252
ISSN 1661-2876

ENSI, CH-5200 Brugg, Industriestrasse 19, Telefon +41 (0)56 460 84 00, www.ensi.ch