

AUFSICHTS- BERICHT 2024

zur nuklearen Sicherheit
in den schweizerischen
Kernanlagen



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 2024

**zur nuklearen Sicherheit in den
schweizerischen Kernanlagen**

Rapport de Surveillance 2024

**sur la sécurité nucléaire dans les
installations nucléaires en Suisse**

Regulatory Oversight Report 2024

**concerning nuclear safety
in Swiss nuclear installations**

Vorwort	4
Préface	5
Foreword	6
Zusammenfassung und Übersicht	7
Résumé et aperçu	10
Summary and Overview	13
1. Kernkraftwerk Beznau	17
1.1 Überblick	17
1.2 Betriebsgeschehen	17
1.3 Inspektionen	24
1.4 Anlagentechnik	24
1.5 Strahlenschutz	25
1.6 Radioaktive Abfälle	26
1.7 Notfallbereitschaft	27
1.8 Personal und Organisation	28
1.9 Sicherheitsbewertung	29
2. Kernkraftwerk Gösgen	33
2.1 Überblick	33
2.2 Betriebsgeschehen	33
2.3 Inspektionen	38
2.4 Anlagentechnik	38
2.5 Strahlenschutz	39
2.6 Radioaktive Abfälle	40
2.7 Notfallbereitschaft	41
2.8 Personal und Organisation	41
2.9 Sicherheitsbewertung	42
3. Kernkraftwerk Leibstadt	45
3.1 Überblick	45
3.2 Betriebsgeschehen	45
3.3 Inspektionen	49
3.4 Anlagentechnik	50
3.5 Strahlenschutz	51
3.6 Radioaktive Abfälle	52
3.7 Notfallbereitschaft	52
3.8 Personal und Organisation	53
3.9 Periodische Sicherheitsüberprüfung	54
3.10 Sicherheitsbewertung	54
4. Kernkraftwerk Mühleberg	57
4.1 Überblick	57
4.2 Vorkommnisse	57
4.3 Anlageänderungen	57
4.4 Strahlenschutz	59
4.5 Radioaktive Abfälle	60
4.6 Notfallbereitschaft	61
4.7 Personal und Organisation	62

5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen	65
5.1 Zwischenlagergebäude	65
5.2 Konditionierungsanlage	65
5.3 Plasma-Anlage	66
5.4 Strahlenschutz	66
5.5 Notfallbereitschaft	67
5.6 Personal und Organisation	68
5.7 Vorkommnisse	69
5.8 Gesamtbeurteilung	69
6. Paul Scherrer Institut	71
6.1 Überblick	71
6.2 Hotlabor	71
6.3 Kernanlagen in der Stilllegung oder im Rückbau	72
6.4 Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle	75
6.5 Strahlenschutz	78
6.6 Notfallbereitschaft	78
6.7 Personal und Organisation	79
6.8 Vorkommnisse	79
7. École Polytechnique Fédérale de Lausanne	81
8. Transporte und Behälter	83
8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	83
8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	84
8.3 Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung	84
8.4 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	85
8.5 Aufsicht und Inspektionen	86
9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle	89
9.1 Einleitung	89
9.2 Sachplan geologische Tiefenlager	90
9.3 Sondierbohrungen für die Etappe 3	93
9.4 Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung	94
9.5 Felslaboratorien	95
9.6 Internationaler Wissenstransfer	95
10. Anlagenübergreifende Themen	99
10.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen	99
10.2 Risikotechnische Beurteilung der Betriebserfahrung	99
10.3 ADAM-System	100
10.4 Kerntechnische Ausbildung	100
10.5 Aus- und Fortbildung im Strahlenschutz	101
Anhang	104

Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren

Die Betreiber der Kernanlagen in der Schweiz haben im Jahr 2024 die bewilligten Betriebsbedingungen eingehalten. Wir haben den Betrieb der Kernanlagen mit 498 Inspektionen aufsichtlich begleitet. Den sicherheitstechnischen Zustand der in Betrieb stehenden Kernkraftwerke haben wir für das Berichtsjahr insgesamt als gut bewertet.

Im Berichtsjahr kam es in den Kernkraftwerken zu 34 meldepflichtigen Vorkommnissen mit Bezug zur nuklearen Sicherheit, die wir alle der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet haben. Sie hatten somit eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit.

Die Abgaben radioaktiver Stoffe der Kernanlagen an die Umwelt lagen im Berichtsjahr wiederum weit unterhalb der bewilligten Limiten. Der Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor den Auswirkungen radioaktiver Strahlung war jederzeit gewährleistet.

Höhere Anzahl an Vorkommnissen

Die Anzahl an meldepflichtigen Vorkommnissen mit Bezug zur nuklearen Sicherheit der in Betrieb stehenden Kernkraftwerke hat sich verglichen mit dem Vorjahr um 11 auf 33 erhöht. Im Kernkraftwerk Beznau kam es zu 14 Vorkommnissen, im Vorjahr waren es sieben. Zu dieser Erhöhung haben unter anderem drei Vorkommnisse beigetragen, die auf Unregelmässigkeiten in der externen Stromversorgung zurückzuführen waren. Weitere vier Vorkommnisse betrafen alterungsbedingte Leckagen: Drei der Leckagen befanden sich im Chemie- und Volumenregelsystem und eine war an einem Speisewasserbehälter. Die Leckagen traten an Komponenten auf, die bei der Errichtung des Kernkraftwerks Beznau ohne Anwendung des nuklearen Regelwerks gebaut und erst später aufgrund des geänderten Regelwerks einer nuklearen Sicherheits-

klasse zugewiesen wurden. Wir begleiten diese Problematik im Rahmen unserer Aufsichtstätigkeit engmaschig. Das Kernkraftwerk Gösgen verzeichnete zehn Vorkommnisse. Im Vorjahr waren es acht. Zur höheren Anzahl trugen zwei Vorkommnisse mit Fremdmaterialeintrag bei. Wir haben dieses Thema im Rahmen einer Inspektion adressiert. Auch im Kernkraftwerk Leibstadt ist die Anzahl an Vorkommnissen verglichen mit dem Vorjahr um zwei auf neun gestiegen. Dazu beigetragen haben zwei Vorkommnisse beim Verfüllen von Abfallgebinden im Rahmen der Verfestigung radioaktiver Rückstände. Das Kernkraftwerk Leibstadt hat eine Analyse durchgeführt und daraus Optimierungen für den Betrieb der Verfestigungsanlage abgeleitet und umgesetzt.

Entsorgung radioaktiver Abfälle

Ende November 2024 hat die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra, beim Bundesamt für Energie die Rahmenbewilligungsgesuche für ein Tiefenlager im Standortgebiet Nördlich Lägern (Kanton Zürich) und eine Verpackungsanlage in Würenlingen (Kanton Aargau) eingereicht. Wir sind für die sicherheitstechnische Beurteilung zuständig und haben die Gesuche im Berichtsjahr in einem ersten Schritt auf Vollständigkeit geprüft.

Um die nukleare Sicherheit und Sicherung beim Betrieb der Kernanlagen zu inspizieren, braucht es konsequente und umsichtige Aufsichtsarbeit: Ein grosses Dankeschön richte ich an meine Kolleginnen und Kollegen, die sich tagtäglich engagiert dafür einsetzen und an die Betreiber der Anlagen für den konstruktiven Austausch.

Marc Kenzelmann
Direktor
Juni 2025



Marc Kenzelmann

Préface

Mesdames et Messieurs

En 2024, les exploitants des installations nucléaires en Suisse ont respecté les conditions d'exploitation autorisées. Nous avons accompagné l'exploitation des installations nucléaires par notre surveillance en effectuant 498 inspections. Pour l'année de référence, nous avons estimé dans l'ensemble bon l'état de sécurité technique des centrales nucléaires en service.

Les centrales nucléaires ont connu 34 événements devant être obligatoirement notifiés en rapport avec la sécurité nucléaire. Nous les avons tous classés au niveau 0 de l'échelle internationale des événements nucléaires INES. Ils ont donc revêtu une faible importance pour la sécurité nucléaire.

En 2024, les rejets de substances radioactives provenant des installations nucléaires dans l'environnement ont à nouveau été largement inférieurs aux limites autorisées. La protection de la population et de l'environnement contre les effets des rayonnements radioactifs a été garantie à tout moment.

Nombre d'événements plus élevé

Le nombre d'événements devant être notifiés et liés à la sécurité nucléaire dans les centrales nucléaires en service a augmenté de 11 par rapport à l'année précédente, passant à 33. La centrale nucléaire de Beznau a connu 14 événements, contre sept l'année précédente. Trois événements dus à des irrégularités dans l'alimentation électrique externe ont notamment contribué à cette augmentation. Quatre autres événements concernaient des fuites dues au vieillissement : trois des fuites se trouvaient dans le système de régulation chimique et volumétrique et une a eu lieu sur un réservoir d'eau d'alimentation. Les fuites se sont produites sur des composants datant de la construction de la centrale nucléaire de Beznau, sans application de la réglementation nucléaire et qui n'ont été affectés à une classe de sécurité nucléaire que plus tard en raison de

la modification de la réglementation. Nous suivons de près cette problématique dans le cadre de notre activité de surveillance. La centrale nucléaire de Gösgen a enregistré quant à elle dix événements, contre huit l'année précédente. Deux événements liés à l'introduction de matières étrangères ont contribué à ce nombre plus élevé. Nous avons abordé ce sujet dans le cadre d'une inspection. À la centrale nucléaire de Leibstadt également, le nombre d'événements a augmenté, de deux par rapport à l'année précédente, en passant à neuf. Deux événements trouvent leur origine lors du remplissage de colis de déchets dans le cadre de la solidification de résidus radioactifs. La centrale nucléaire de Leibstadt a procédé à une analyse qui a permis de déduire et de mettre en œuvre des optimisations pour l'exploitation de l'installation de solidification.

Gestion des déchets radioactifs

Fin novembre 2024, la Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs, la Nagra, a déposé auprès de l'Office fédéral de l'énergie les demandes d'autorisation générale pour un dépôt en profondeur dans le site d'implantation du Nord des Lägern (canton de Zurich) et pour une installation de conditionnement à Würenlingen (canton d'Argovie). Nous sommes responsables de l'évaluation du point de vue de la sécurité technique et avons, dans un premier temps et sur l'année sous revue, examiné si ces demandes reçues sont complètes.

Pour inspecter la sécurité et la sûreté nucléaires lors de l'exploitation des installations nucléaires, il faut un travail de surveillance systématique et soigneux. J'adresse dès lors un grand merci à mes collègues qui s'engagent quotidiennement dans ce sens, et aux exploitants des installations pour les échanges constructifs.

Marc Kenzelmann
Directeur
Juin 2025

Foreword

Dear Readers

The operators of nuclear facilities in Switzerland complied with the licensed operating conditions in 2024. We supervised the operation of the nuclear facilities with 498 inspections. Overall, we assessed the safety-related condition of the nuclear power plants in operation as good for the reporting year.

In the reporting year, there were 34 reportable events relating to nuclear safety at the nuclear power plants, all of which we classified as level 0 on the international INES event scale. They were therefore of minor significance for nuclear safety.

The release of radioactive substances from nuclear facilities into the environment was again significantly below the approved limits in the reporting year. The protection of the population and the environment from the effects of radioactive radiation was always guaranteed.

Higher number of events

The number of reportable events relating to nuclear safety at the nuclear power plants in operation increased by 11 to 33 compared to the previous year. There were 14 events at the Beznau nuclear power plant, compared with seven in the previous year. Among other things, three events attributable to irregularities in the external power supply contributed to this increase. A further four events related to age-related leaks: three of the leaks were in the chemical and volume control system and one was in a feed water tank. The leaks occurred in components that were built without applying the nuclear regulations when the Beznau nuclear power plant was constructed and were only later assigned to a nuclear safety classification due to amended regulations. We are closely monitoring this issue as part of our supervisory activities. The Gösgen nuclear power plant recorded ten events. There were eight in the previous year. Two events involving the introduction of foreign material contributed

to the higher number. We addressed this issue as part of an inspection. The number of events at the Leibstadt nuclear power plant also increased by two to nine compared to the previous year. Two events during the backfilling of waste packages as part of the solidification of radioactive residues contributed to this. Leibstadt nuclear power plant carried out an analysis and derived and implemented optimizations for the operation of the solidification plant.

Disposal of radioactive waste

At the end of November 2024, the National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste, Nagra, submitted the general license applications for a deep geological repository in the Nördlich Lägern siting area (Canton of Zurich) and a packaging facility in Würenlingen (Canton of Aargau) to the Swiss Federal Office of Energy. We are responsible for the safety assessment and reviewed the applications for completeness as a first step in the reporting year.

Consistent and prudent supervisory work is required to inspect nuclear safety and security during the operation of nuclear facilities: I would like to thank my colleagues for their daily commitment to this and the operators of the facilities for their constructive discussions.

Marc Kenzelmann
Director
June 2025

Zusammenfassung und Übersicht

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) ist die Aufsichtsbehörde des Bundes über die Kernanlagen in der Schweiz. Es begutachtet und überwacht den Betrieb der Kernkraftwerke Beznau 1 und 2, Gösgen und Leibstadt, die Stilllegung des Kernkraftwerks Mühleberg, die Zwischenlager bei den Kernkraftwerken, das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen sowie die Kernanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI) und der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Mit Inspektionen, Aufsichtsgesprächen, Prüfungen, Messungen, Analysen und der Berichterstattung der Anlagenbetreiber verschafft sich das ENSI den notwendigen Überblick über die nukleare Sicherheit und Sicherung der beaufsichtigten Kernanlagen. Es wacht darüber, dass die Betriebsführung gesetzeskonform und den Bewilligungen entsprechend erfolgt. Zudem gehören die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den Kernanlagen sowie die Vorbereitungen zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle zu seinem Aufsichtsbereich. Das ENSI unterhält eine eigene Notfallorganisation, die Bestandteil einer landesweiten Notfallorganisation ist. Im Fall eines schweren Störfalls in einer schweizerischen Kernanlage käme sie zum Einsatz.

Gesetzliche Basis

Das Kernenergiegesetz, die Kernenergieverordnung, das Strahlenschutzgesetz, die Strahlenschutzverordnung sowie weitere Verordnungen und Vorschriften zur nuklearen Sicherheit und Sicherung, insbesondere zur Personalausbildung, 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 der Kernanla-

gen beurteilt. Die geltenden Richtlinien sind auf der Website des ENSI verfügbar.

Berichterstattung

Das ENSI berichtet periodisch über seine Aufsichtstätigkeit und die nukleare Sicherheit der schweizerischen Kernanlagen. Es informiert die Öffentlichkeit über sicherheitsrelevante Themen, unter anderem über Ereignisse und Befunde in den Kernanlagen, zum Beispiel im Rahmen von öffentlichen Veranstaltungen und Fachvorträgen sowie auf seiner Website. 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. Das Vorwort beziehungsweise 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, 2 und 3 des vorliegenden Aufsichtsberichts über das Betriebsgeschehen, die Anlagentechnik, den Strahlenschutz und die Betriebsführung der Kernkraftwerke Beznau 1 und 2, Gösgen und Leibstadt. Im Kapitel 4 beschreibt das ENSI die Stilllegung des Kernkraftwerks Mühleberg. Zu jedem in Betrieb stehenden Kernkraftwerk nimmt das ENSI eine separate Sicherheitsbewertung für das Berichtsjahr vor. Im Kapitel 5 wird das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen behandelt. Die Kapitel 6 und 7 widmen sich den Kernanlagen des PSI und denjenigen der EPFL. Im Kapitel 8 wird über die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den schweizerischen Kernanlagen berichtet. Das Kapitel 9 nimmt sich der geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle inklusive der Arbeiten im Rahmen des Sachplans an. Im Kapitel 10 werden anlagenübergreifende Aspekte wie zum Beispiel probabilistische

Sicherheitsanalysen sowie die Ausbildung in den Bereichen Kerntechnik und Strahlenschutz beschrieben. Im Anhang finden sich Tabellen und Figuren.

Kernkraftwerke

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Betreiber der Kernkraftwerke (KKW) in der Schweiz die bewilligten Betriebsbedingungen eingehalten haben. Sie haben ihre gesetzlich festgelegten Meldepflichten gegenüber der Aufsichtsbehörde wahrgenommen. Der sicherheitstechnische Zustand der im Berichtsjahr in Betrieb stehenden KKW war insgesamt gut. In den KKW kam es im Jahr 2024 zu 34 meldepflichtigen Vorkommnissen, die für die nukleare Sicherheit relevant waren: Sechs Vorkommnisse betrafen den Block 1 und sieben den Block 2 des KKW Beznau. Ein Vorkommnis betraf die Gesamtanlage des KKW Beznau. Das KKW Gösgen verzeichnete zehn und das KKW Leibstadt neun meldepflichtige Vorkommnisse. Im KKW Mühleberg, das sich in der Stilllegung befindet, kam es zu einem Vorkommnis. Alle Vorkommnisse wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet. Das ENSI bewertet die Sicherheit der in Betrieb stehenden KKW im Rahmen einer systematischen Sicherheitsbewertung. Dabei werden neben meldepflichtigen Vorkommnissen weitere Erkenntnisse berücksichtigt, insbesondere die Ergebnisse aus den Inspektionen.

Zentrales Zwischenlager in Würenlingen

Das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen umfasst mehrere Zwischenlagergebäude, die Konditionierungsanlage und die Plasma-Anlage (Verbrennungs- und Schmelzanlage). Ende 2024 befanden sich in der Behälterlagerhalle 85 Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen sowie ein Behälter mit den Brennelementen aus dem stillgelegten Forschungsreaktor Diorit des PSI sowie sechs Behälter mit Stilllegungsabfällen aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens. Im Jahr 2024 wurde eine Kampagne zur Verbrennung und Einschmelzung

von radioaktiven Abfällen durchgeführt. Bei der Zwiilag kam es Berichtsjahr zu zwei meldepflichtigen Vorkommnissen. Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Zwiilag im Berichtsjahr die bewilligten Betriebsbedingungen eingehalten hat.

Paul Scherrer Institut und Forschungsreaktoren

Die Kernanlagen des PSI unterstehen der Aufsicht des ENSI. Dabei handelt es sich um das Hotlabor, die in unterschiedlichen Phasen der Stilllegung stehenden drei Forschungsreaktoren Saphir, Diorit und Proteus, die rückzubauende ehemalige Versuchsverbrennungsanlage sowie die Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle einschliesslich des Bundeszwischenlagers. Das PSI und die EPFL verzeichneten im Jahr 2024 kein Vorkommnis.

Abgaben radioaktiver Stoffe

Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt via Abwasser und Abluft der KKW, des Zentralen Zwischenlagers in Würenlingen, der Kernanlagen im PSI sowie in Lausanne lagen im Berichtsjahr weit unterhalb der in den Bewilligungen festgelegten Limiten. Sie ergaben auch für Personen, die in direkter Nachbarschaft einer Anlage leben, eine maximale berechnete Dosis von weniger als einem Prozent der mittleren natürlichen jährlichen Strahlenexposition in der Schweiz.

Transport radioaktiver Stoffe

Alle Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den Kernanlagen der Schweiz verliefen im Jahr 2024 unfallfrei. Von der ordnungsgemässen Durchführung hat sich das ENSI mit mehreren Inspektionen der Transporte unterschiedlicher radioaktiver Materialien und Abfälle überzeugt.

Geologische Tiefenlagerung

Im September 2022 hat die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) angekündigt, dass sie ein geologisches Tiefenlager für alle radioaktiven Abfälle im Standortgebiet Nördlich Lägern in Stadel (Kanton Zürich) und

eine Brennelementverpackungsanlage am Standort neben der Zwiilag in Würenlingen (Kanton Aargau) erstellen will. Sie reichte beim Bundesamt für Energie im November 2024 die entsprechenden Rahmenbewilligungsgesuche ein. Das ENSI ist für die sicherheitstechnische Beurteilung der Gesuche zuständig und prüft in einem ersten Schritt die Unterlagen auf Vollständigkeit. Das ENSI und die von ihm beauftragten Experten haben im Berichtsjahr wiederum eigene, für die Tiefenlagerung relevante Untersuchungen und Forschungsarbeiten durchgeführt. Ein grosser Teil davon wurde im Felslabor Mont Terri realisiert. Das ENSI verfolgte den Stand von Wissenschaft und Technik bezüglich der Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle mit seiner Mitarbeit in verschiedenen internationalen Programmen.

Résumé et aperçu

L'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) est l'autorité de surveillance de la Confédération pour les installations nucléaires en Suisse. Elle expertise et surveille l'exploitation des centrales nucléaires Beznau 1 et 2, Gösgen et Leibstadt, la désaffectation de la centrale nucléaire de Mühleberg, les dépôts intermédiaires situés dans les centrales, le dépôt de stockage intermédiaire Zwilag de Würenlingen, ainsi que les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (PSI) et de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Les inspections, les entretiens de surveillance, les contrôles, les mesures, les analyses, ainsi que les rapports des sociétés exploitantes des installations permettent à l'IFSN d'acquérir la vue d'ensemble nécessaire sur la sécurité et la sûreté des installations nucléaires surveillées. L'IFSN veille à ce que la gestion de l'exploitation des installations soit conforme à la législation et aux autorisations. Son domaine de surveillance s'étend en outre aux transports de substances radioactives en provenance et à destination des installations nucléaires, ainsi qu'aux travaux préparatoires en vue du stockage des déchets radioactifs en couches géologiques profondes. L'IFSN gère sa propre organisation d'urgence, qui fait partie de l'organisation d'urgence nationale. Celle-ci interviendrait en cas de défaillance grave dans une installation nucléaire suisse.

Base légale

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 et la sûreté nucléaire, et en particulier sur la formation du personnel, sur la protection en cas d'urgence, sur le transport de substances radioactives et sur le stockage en couches géologiques profondes, constituent les bases légales de la surveillance de l'IFSN. En s'appuyant sur ces fondements légaux, l'IFSN élabore et met à

jour des propres directives. Elle y formule les critères d'après lesquels elle évalue les activités et les projets des exploitants des installations nucléaires. Les directives en vigueur peuvent être consultées en allemand sur le site Internet de l'IFSN.

Information

L'IFSN rend compte périodiquement de son activité de surveillance et de la sécurité nucléaire des installations nucléaires suisses. Elle informe le public des sujets pertinents du point de vue de la sécurité, entre autres des événements et constats dans les installations nucléaires, par exemple dans le cadre de réunions publiques, d'exposés spécialisés, ou à travers son site Internet. L'IFSN rend compte de son activité en partie dans ce Rapport de surveillance, qui s'inscrit dans ses rapports périodiques. Parallèlement, l'IFSN publie chaque année un Rapport sur la radioprotection, ainsi qu'un Rapport sur les expériences et la recherche. La langue d'origine de ces rapports est l'allemand. La préface, respectivement les résumés, sont traduits en français et en anglais. L'IFSN publie aussi ses rapports sur son site Internet.

Contenu du présent rapport

L'IFSN rend compte dans les chapitres 1, 2 et 3 du présent Rapport de surveillance du déroulement de l'exploitation, de la technique de l'installation, de la radioprotection et de la gestion des centrales nucléaires de Beznau 1 et 2, Gösgen et Leibstadt. Dans le chapitre 4, l'IFSN décrit la désaffectation de la centrale nucléaire de Mühleberg. L'IFSN procède à une évaluation de la sécurité sur l'année sous revue pour chacune des centrales nucléaires en exploitation prise séparément. Le chapitre 5 traite du dépôt de stockage intermédiaire Zwilag à Würenlingen. Les chapitres 6 et 7 sont consacrés aux installations nucléaires du PSI et de l'EPFL. Le chapitre 8 traite des transports de substances radioactives en provenance et à destination des installations nucléaires suisses. Le cha-

pitre 9 thématise le stockage des déchets radioactifs en couches géologiques profondes, ainsi que les travaux relatifs au plan sectoriel. Le chapitre 10 aborde d'autres aspects communs aux installations, notamment les études probabilistes de sécurité et la formation dans les domaines de la technique nucléaire et de la radioprotection. Les tableaux et les graphiques se trouvent en annexe.

Centrales nucléaires

L'IFSN arrive à la conclusion que les sociétés exploitantes des installations nucléaires en Suisse ont respecté les conditions d'exploitation autorisées. Elles ont observé leurs devoirs légaux de notification à l'égard de l'autorité de surveillance. L'état au niveau de la sécurité technique des centrales nucléaires en exploitation était dans l'ensemble bon lors de l'année sous revue. En 2024, les centrales nucléaires ont connu 34 événements soumis à obligation de notification et pertinents pour la sécurité nucléaire. Six événements ont concerné la tranche 1, sept la tranche 2 de la centrale nucléaire de Beznau. Un événement a concerné l'ensemble de l'installation de la centrale nucléaire de Beznau. Dix événements ont concerné la centrale de Gösgen et neuf la centrale de Leibstadt. Dans la centrale nucléaire de Mühleberg, qui se trouve en désaffectation, s'en est produit un événement. Tous les événements ont été classés INES 0 sur l'Échelle internationale de l'IAEA. L'IFSN évalue la sécurité des centrales nucléaires se trouvant en exploitation dans le cadre d'une évaluation systématique de la sécurité. Ce faisant, elle ne prend pas seulement en compte les événements qui doivent être obligatoirement notifiés, mais aussi d'autres informations, notamment celles découlant des résultats des inspections.

Dépôt de stockage intermédiaire Zwilag à Würenlingen

Le dépôt de stockage intermédiaire Zwilag à Würenlingen comprend plusieurs bâtiments d'entreposage intermédiaire, l'installation de conditionnement et l'installation plasma (station d'incinération et de fusion).

Fin 2024, la halle des conteneurs abritait 85 conteneurs de transport et d'entreposage contenant des assemblages combustibles usés et des colis vitrifiés, de même qu'un conteneur avec des assemblages combustibles provenant du réacteur de recherche désaffecté Diorit du PSI, et six conteneurs de déchets de désaffectation de la centrale nucléaire expérimentale de Lucens. En 2024, une campagne d'incinération et de fonte de déchets radioactifs a eu lieu. Au Zwilag l'IFSN a recensé, lors de l'exercice sous revue, deux événements soumis au devoir de notification. L'IFSN en conclut que le Zwilag a respecté en 2024 les conditions d'exploitation autorisées.

Institut Paul Scherrer et réacteurs de recherche

Les installations nucléaires du PSI sont placées sous la surveillance de l'IFSN. Il s'agit du laboratoire chaud, des trois réacteurs de recherche Saphir, Diorit et Proteus – tous les trois à des phases différentes de désaffectation – ainsi que de l'ancienne station expérimentale d'incinération à démanteler et les installations d'élimination de déchets radioactifs, inclus le dépôt intermédiaire de la Confédération. Le PSI et l'EPFL n'ont enregistré aucun événement en 2024.

Rejets de substances radioactives

Sur l'année sous revue, les rejets de substances radioactives dans l'environnement via les eaux usées et l'air vicié des centrales nucléaires, du Zwilag à Würenlingen, des installations nucléaires du PSI, ainsi qu'à 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 d'un pourcent de l'exposition annuelle naturelle moyenne aux radiations en Suisse.

Transport de substances radioactives

Tous les transports de substances radioactives en provenance, ou en direction, des installations nucléaires de la Suisse se sont

passés sans accident en 2024. L'IFSN a pu se convaincre à travers plusieurs inspections du déroulement conforme du transport de différents matériaux radioactifs et de déchets.

Stockage en couches géologiques profondes

En septembre 2022, la Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (Nagra) a annoncé son intention de construire un seul dépôt en couches géologiques profondes pour tous les déchets radioactifs sur le site « Nord des Lägern » à Stadel (canton de Zurich) et une installation de conditionnement d'éléments combustibles au site du Zwiilag à Würenlingen (canton d'Argovie). Elle a déposé les documents d'autorisation générale correspondants auprès de l'Office fédéral de l'énergie en novembre 2024. L'IFSN est responsable de l'évaluation des demandes d'autorisation du point de vue de la sécurité technique et vérifie dans un premier temps que les documents sont complets.

L'IFSN, ainsi que les experts mandatés par elle, ont à nouveau procédé sur l'année sous revue à des recherches et à des expériences pertinentes du point de vue du stockage en couches géologiques profondes. Une grande partie d'entre elles a été réalisée dans le laboratoire souterrain de Mont Terri. A travers sa participation à différents programmes internationaux, l'IFSN suit de près l'état actuel de la science et de la technique sur le stockage de déchets radioactifs en couches géologiques profondes.

Summary and Overview

The Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate (ENSI) is responsible for overseeing nuclear facilities in Switzerland. It inspects and monitors the operation of the nuclear power plants Beznau 1 and 2, Gösgen and Leibstadt, the decommissioning of the Mühleberg nuclear power plant, the interim storage facilities based at each plant, the Central Interim Storage Facility in Würenlingen together with the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI) and the École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Using a combination of inspections, regulatory meetings, checks, measurements, analyses and the reporting of the operators of individual facilities, ENSI obtains the required overview of nuclear safety and security in these facilities. It ensures that they are operated as required by law and in compliance with the terms of their operating licences. ENSI's regulatory responsibilities also include the transport of radioactive materials from and to nuclear facilities and preparations for a deep geological repository for radioactive waste. ENSI maintains its own emergency organisation, which is an integral part of the national emergency structure. The ENSI emergency organisation will be activated in the event of a serious event at a nuclear facility in Switzerland.

Legal basis

The Nuclear Energy Act, the Nuclear Energy Ordinance, the Radiological Protection Act, the Radiological Protection Ordinance and other rules and regulations on nuclear safety and security, in particular on staff training, emergency protection, the transport of radioactive material and deep geological storage form the legal basis for ENSI's supervisory role. Based on these legal foundations ENSI writes and updates its own guidelines. Within these it formulates the criteria according to which it assesses the activities and projects of the operators of the nuclear facilities. The applicable guidelines are available in German on the ENSI website.

Reporting

ENSI reports periodically on its oversight activities and the nuclear safety of Swiss nuclear facilities. It keeps the public informed about safety-relevant topics, among others events and findings in the nuclear facilities, for example within the framework of public meetings and specialist talks, as well as via its website. This ENSI Oversight Report forms part of its periodic reporting. In addition, ENSI publishes an annual Radiation Protection Report and an annual Research and Experience Report. The reports are written in German. The foreword and summaries, respectively, are translated into French and English. ENSI publishes its reports on its website.

Contents of this report

Chapters 1, 2 and 3 of this Oversight Report deal with operational activities, systems engineering, radiological protection and the management of the nuclear power plants of Beznau 1 and 2, Gösgen and Leibstadt. In Chapter 4, ENSI describes the decommissioning of the Mühleberg nuclear power plant. ENSI performs a separate safety evaluation for each nuclear power plant in operation for the reporting year. Chapter 5 deals with the Central Interim Storage Facility in Würenlingen. Chapters 6 and 7 are devoted to the nuclear facilities of the PSI and the EPFL. Chapter 8 covers the transport of radioactive materials from and to Swiss nuclear facilities. Chapter 9 covers the deep geological storage of radioactive waste including work within the framework of the Sectoral Plan. Finally, Chapter 10 deals with generic issues relevant to all facilities such as probabilistic safety analyses as well as education in nuclear technology and radiation protection. The Appendix contains tables and figures.

Nuclear power plants

ENSI concluded that the nuclear power plants (NPP) in Switzerland had adhered to its approved operating conditions. Operators

complied with their statutory obligations to provide ENSI with reports. Nuclear safety conditions at all plants in operation were rated as good overall. In 2024, there were 34 reportable events at the NPPs that were relevant to nuclear safety: Beznau 1 NPP had six, Beznau 2 NPP seven events. One event concerned the entire Beznau NPP. Gösgen NPP was affected by ten and Leibstadt NPP by nine events. Mühleberg NPP, which is in decommissioning, recorded one event in 2024. The events were rated as INES 0 on the IAEA's international event scale. ENSI evaluates the safety of each NPP in operation 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 (Zwilag) in Würenlingen consists of several interim storage buildings, a conditioning plant and the plasma plant (incineration/melting plant). At the end of 2024, the cask storage hall contained 85 transport/storage casks with spent fuel assemblies and vitrified residue packages as well as one cask with the fuel assemblies from the shutdown research reactor Diorit of the PSI and six casks with waste from the decommissioning of the experimental NPP at Lucens. One campaign to incinerate and melt radioactive waste was carried out in 2024. ENSI recorded two reportable events at Zwilag during the reporting year. ENSI concludes that Zwilag complied with its approved operating conditions in the reporting year.

Paul Scherrer Institute and the research reactors

ENSI is responsible for the oversight of the nuclear facilities of the PSI, i.e. the hot laboratory, the three former research reactors Saphir, Diorit and Proteus now in varying phases of decommissioning, the former experimental incineration plant whose site is to be restored, and the facilities for the disposal of radioactive materials including the Federal Government's interim storage facil-

ity. The PSI and the EPFL reported no event in 2024.

Release of radioactive materials

During the reporting year, emissions of radioactive material into the environment via waste water and exhaust air from the NPPs, the Zwilag in Würenlingen and the nuclear facilities at PSI and Lausanne were significantly below the limits specified in the operating licences. Analyses showed that the maximum dose for persons in the immediate vicinity of a plant was less than one percent of the annual exposure to mean natural annual radiation in Switzerland.

Transport of radioactive materials

All transport of radioactive substances to and from Swiss nuclear facilities took place without any events or accidents during 2024. ENSI verified the correct transport of differing types of radioactive materials and waste by performing multiple inspections of the transports.

Deep geological repositories

In September 2022, the National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste (Nagra) announced its intention to construct a deep geological repository for all radioactive waste in the Nördlich Lägern siting area in Stadel (Canton Zurich) and an encapsulation plant on the site of the Zwilag in Würenlingen (Canton Aargau). Nagra submitted the corresponding applications for general licence to the Swiss Federal Office of Energy in November 2024. ENSI is responsible for the safety assessment of the applications with the first step being to check the documents for completeness.

In the year under review, ENSI and the experts it has appointed again carried out a number of investigations and research work relevant for deep geological repositories. A large part of this work was done in the Mont Terri Rock Laboratory. ENSI monitored the state of the art in science and technology in respect of the deep geological storage of radioactive waste by participating in various international programmes.

T



1. Kernkraftwerk Beznau

1.1 Überblick

Das ENSI beurteilt die Sicherheit bezüglich der unten aufgeführten Bewertungsgegenstände für das Berichtsjahr wie folgt:

Sicherheitsbewertung 2024	KKB 1	KKB 2
Auslegungsvorgaben	Ausreichend	Ausreichend
Betriebsvorgaben	Hoch	Hoch
Zustand und Verhalten der Anlage	Ausreichend	Ausreichend
Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation	Gut	Hoch

Der Block 1 des Kernkraftwerks Beznau (KKB) hatte abgesehen vom Revisionsstillstand einen ungeplanten Betriebsunterbruch für die Dauer von 31 Tagen wegen Reparaturarbeiten an einem 220-kV-Ölkabel und Abklärungen, die aufgrund von Befunden an den Speisewasserbehältern im Block 2 auch im Block 1 vorgenommen wurden. Am 12. August 2024 kam es infolge eines blockierten Regelventils in der Zuleitung der Dampferzeugerbespeisung zu einer ungeplanten Reaktorschnellabschaltung.

Der Block 2 befand sich bis auf den Brennelementwechsel im Leistungsbetrieb. Für die Reparatur an einem Messstutzen des Speisewasserbehälters trennte das KKB während neun Tagen eine Turbogruppe vom Netz. Dies bedeutete eine Leistungsreduktion von zirka 50 %.

Der Revisionsstillstand im Block 1 dauerte vom 26. April bis zum 19. Juni 2024, der Brennelementwechsel im Block 2 vom 6. bis zum 19. August 2024. Es zeigten sich keine Befunde, die einem sicheren Betrieb entgegengestanden hätten.

Das ENSI stellt fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen in beiden Blöcken stets eingehalten wurden.

Alle Vorkommnisse auf der INES-Stufe 0

Im Block 1 kam es im Berichtsjahr zu sechs und im Block 2 zu sieben meldepflichtigen Vorkommnissen mit Bezug zur nuklearen Sicherheit. Ein Vorkommnis betraf die fehlerhafte Beladung von Transport- und Lagerbe-

Das Kernkraftwerk Beznau umfasst zwei weitgehend baugleiche Zwei-Loop-Druckwasserreaktor-Blöcke, die in den Jahren 1969 und 1972 den kommerziellen Betrieb aufnahmen. Die elektrische Nettoleistung beträgt pro Block 365 MW. Weitere Daten sind in den Tabellen 1 und 2 im Anhang zusammengestellt. Die Figur 5a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage.

halten und betraf somit die Gesamtanlage des KKB. Das ENSI hat alle Vorkommnisse der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet.

Im Berichtsjahr sind in beiden Blöcken keine Brennelementschäden aufgetreten.

Das ENSI führte im Rahmen seiner Aufsicht 141 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Das KKB hat den für beruflich strahlenexponierte Personen geltenden Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung stets eingehalten. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelfgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die dadurch verursachten zusätzlichen Strahlendosen für die Bevölkerung waren verglichen mit der mittleren natürlichen jährlichen Strahlenexposition in der Schweiz unbedeutend.

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

Im Berichtsjahr fanden keine Zulassungsprüfungen für zulassungspflichtiges Personal des KKB statt.

1.2 Betriebsgeschehen

Block 1

Der Block 1 erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 76,2% bei einer

**Kernkraftwerk
Beznau.
Foto: Axpo**

Zeitverfügbarkeit von 76,8%. Der unproduktive Anteil im Block 1 war einerseits auf den Revisionsstillstand zurückzuführen. Andererseits wurde die Anlage am 28. September 2024 aufgrund einer Unregelmässigkeit an der Ableitung eines der beiden 220-kV-Blocktransformatoren abgefahren. Gleichzeitig trafen die ersten Resultate der Untersuchungen im Zusammenhang mit einem Schaden an einem der beiden Speisewasserbehälter im Block 2 ein. Das KKB hatte eine Fremdfirma mit der Schadensanalyse beauftragt. Ab dem 9. Oktober 2024 fanden deshalb umfangreiche Abklärungen an den entleerten Speisewasserbehältern des Blocks 1 statt. Nach Abschluss der Prüfungen und umfangreichen Abklärungen zu den Befunden an den beiden Speisewasserbehältern wurde der Block 1 am 28. Oktober 2024 wieder angefahren.

Wegen erhöhter Aarewassertemperaturen musste das KKB die Leistung des Blocks 1 im August mehrmals reduzieren, um gemäss der Zwischenverfügung des Bundesamts für Energie die Bedingungen für die Kühlwasserreinleitung in die Aare einzuhalten.

Block 2

Der Block 2 erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 94,6% bei einer Zeitverfügbarkeit von 96,3%. Der unproduktive Anteil im Block 2 war auf den Brennelementwechsel zurückzuführen und auf die Lastreduktion infolge der Reparatur am Speisewasserbehälter einer Turbogruppe. Zur Durchführung von Funktionsprüfungen und auf Anforderung des Lastverteilers erfolgten ebenfalls geplante kurzzeitige Leistungsreduktionen.

Meldepflichtige Vorkommnisse im Block 1

Im Block 1 kam es im Berichtsjahr zu sechs meldepflichtigen Vorkommnissen mit Bezug zur nuklearen Sicherheit, die das ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zuordnete.

Nichtverfügbarkeit eines Messkanals

■ Das Betriebspersonal stellte am 22. März 2024 fest, dass sich an einem Drucktransmit-

ter zur Überwachung des Drucks im Reaktorkühlkreislauf eine Borablagerung gebildet hatte. Das Personal nahm den Messkanal bis auf Weiteres ausser Betrieb. Bereits am 18. März 2024 hatte die Überwachung eine leicht fallende Tendenz des Druckmesswerts festgestellt. Bis zur Reparatur der Messstelle während des Revisionsstillstands war die Überwachung des Reaktordrucks durch die zwei weiteren Messstellen sichergestellt. Das KKB tauschte den Drucktransmitter während des Revisionsstillstands aus. Die Messstelle war mit Beginn des 50. Betriebszyklus wieder verfügbar. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Nichtverfügbarkeit eines Messkanals zur Überwachung des Reaktordrucks der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 2, 3 und 4, für die Barrierenintegrität des Primärkreises sowie für die Schutzziele «Kühlung der Brennelemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe».

Ausfall der Spannungsversorgung einer Schiene

■ Am 18. April 2024 kam es infolge eines fehlerhaften Öffnens des 50-kV-Schalters im Unterwerk Beznau zum Ausfall der Spannungsversorgung einer betrieblichen Schiene des Blocks 1. Infolge des Ausfalls wurde gleichzeitig auch eine Notstandsschiene spannungslos. Das wiederum führte auslegungsgemäss zu einem Start des Notstanddiesels im Block 1. Nachdem das KKB die Ursache für den Ausfall eruierte und beheben konnte, stellte das Werk die Spannungsversorgung der 50-kV-Schiene noch am gleichen Tag wieder her. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Ausfall der Spannungsversorgung einer Schiene und den damit einhergehenden Start des Notstanddiesels der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 2 sowie die risikotechnische Einstufung als Aspekt



Maschinenhalle.
Foto: Axpo

des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Leckagen im Chemie- und Volumenregelsystem

■ Das KKB stellte während des Revisionsstillstands im Block 1 im Rahmen von Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten am 12. Mai 2024 an zwei Armaturen im Chemie- und Volumenregelsystem geringfügige Leckagen fest. Diese Leckagen befanden sich im Bereich der Muffenschweissnähte der jeweiligen Armaturen. Das Werk setzte die Schweissnähte umgehend instand. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckagen im Chemie- und Volumenregelsystem der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1, 2 und 3 sowie für die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität», «Kühlung der Brennelemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe».

Öffnen des Leistungsschalters einer Turbogruppe

■ Am 6. Juli 2024 kam es um 18.24 Uhr aufgrund eines kurzen Spannungseinbruchs auf der 220-kV-Leitung des externen Netzes zu einem Öffnen des 220-kV-Leistungsschalters einer Turbogruppe. Es folgte auslegungsgemäss ein Lastabwurf auf

Eigenbedarf der betroffenen Turbogruppe. Die andere Turbogruppe des Blocks 1 war von der Netzstörung nicht betroffen und weiterhin in Betrieb. Nach Behebung der Netzstörung konnte das KKB die betriebliche Spannungsversorgung wiederherstellen, die Turbogruppe mit dem 220-kV-Netz synchronisieren und die Anlage wieder auf Vollast betreiben. Die Ursache für das Öffnen des Leistungsschalters der betroffenen Turbogruppe war eine falsche Parametrierung in den Schutzgeräten der Fremdnetzeinspeisung. Die fehlerhaften Einstellwerte wurden korrigiert. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das Öffnen des Leistungsschalters einer Turbogruppe infolge der fehlerhaften Parametrierung der Schutzgeräte der Fremdnetzeinspeisung der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Blockiertes Speisewasserregelventil

■ Ein blockiertes Speisewasserregelventil im Zuleitungsstrang zur Niveauregelung in den Dampferzeugern führte am 12. August 2024 zu einem unerwarteten Anstieg des Niveaus in einem der beiden Dampferzeuger. Bei einem Niveau von zirka 65% kam es auslegungsgemäss zu einer Anregung des Aus-Befehls für alle Hauptspeisewasserpumpen.

Das wiederum löste auslegungsgemäss eine Reaktorschnellabschaltung aus. Bei der Ermittlung der Ursache für die Blockage des Speisewasserregelventils stellte das KKB fest, dass sich eine Kontermutter an der Ventilschindel gelöst und sich entlang der Spindel nach unten gedreht hatte. In der Folge blockierte die Kontermutter die Spindel des Speisewasserregelventils. Nachdem das Betriebspersonal die Ursache für das Blockieren des Regelventils behoben hatte, nahm es den Block 1 noch am gleichen Tag wieder in Betrieb. Das KKB kontrollierte umgehend alle weiteren Speisewasserregelventile auf einen möglichen ähnlichen Defekt. Alle anderen Regelventile funktionierten einwandfrei. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das blockierte Speisewasserregelventil der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage und als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2, für die Barrierenintegrität des Containments und für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente» sowie die risikotechnische Einstufung als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Ausfall in der Nuklearinstrumentierung

■ Am 9. Oktober 2024 kam es zu einem Ausfall eines der vier Messkanäle in der Nuklearinstrumentierung der Quell- und Weitbereichsmessung. Ein defektes Hochspannungsnetzteil war für den Ausfall verantwortlich. Noch am gleichen Tag und auch am 12. Oktober 2024 fiel das ausgetauschte Hochspannungsnetzteil erneut aus. Die Ursachenabklärung ist noch im Gang. Die Anlage befand sich im Zeitraum der Ausfälle im Zustand «kalt abgestellt». Das ist ein Anlagezustand, bei dem die Verfügbarkeit dieser Messkanäle für zu postulierende Störfälle erforderlich ist. Für den Leistungsbetrieb ergeben sich keine besonderen Anforderungen an diese Messstellen.

Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Ausfall in der Nuklearinstrumentierung der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 3 und 4 sowie für das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

Meldepflichtige Vorkommnisse im Block 2

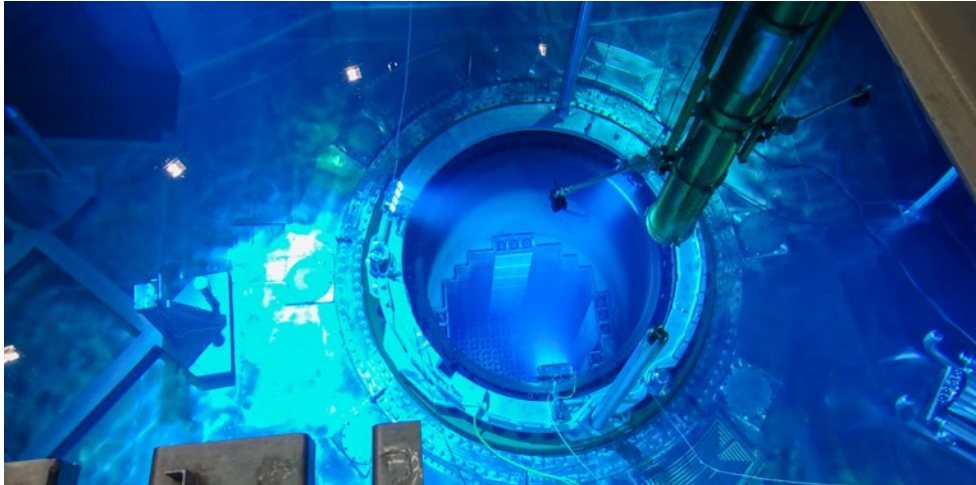
Im Block 2 kam es im Berichtsjahr zu sieben meldepflichtigen Vorkommnissen mit Bezug zur nuklearen Sicherheit, die das ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zuordnete.

Ungeplante Auslösung der Halonlöschung

■ Am 3. April 2024 kam es in einem Leittechnikraum im Notstandgebäude des Blocks 2 zu einer Auslösung der Halonlöschanlage, obwohl kein Brandereignis vorlag. Die fehlerhafte Auslösung wurde im Hauptkommandoraum signalisiert. Die Kontrolle ergab, dass es sich um eine Fehlauslösung gehandelt hatte. Als Ursache ermittelte das KKB eine nicht ausreichende Rückstellung einer Spiralfeder in einem Auslösemechanismus der Löschanlage. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die ungeplante Auslösung der Halonlöschung der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Leckage am Messstutzen eines Speisewasserbehälters

■ Am 9. Mai 2024 entdeckte das Betriebspersonal während eines Anlagenrundgangs bei Vollastbetrieb im Maschinenhaus am Speisewasserbehälter einer Turbogruppe eine Tropfleckage. Der Grund war eine Leckagestelle an einer Schweißnaht an einem nicht verwendeten Messstutzen. Das KKB isolierte den Bereich der Leckagestelle ab und fing das anfallende Kondensat auf, um eine Zunahme der Leckagemenge erkennen und entsprechend handeln zu können.



Offener Reaktorkern.
Foto: Axpo

Gleichzeitig erstellte das Werk die Arbeitsplanung zur Durchführung der Reparatur. Das KKB entschied, die betroffene Turbogruppe für die Reparatur ausser Betrieb zu nehmen und meldete dem ENSI das geplante Teilabfahren für den Samstag, 18. Mai 2024. Nachdem der Speisewasserbehälter entleert und abgekühlt war, erfolgte die Reparatur im Beisein der Sachverständigen des SVTI-N. Am 25. Mai 2024 nahm das KKB die Turbogruppe wieder in Betrieb. Für die Dauer der Reparatur war die dem Speisewasserbehälter zugeordnete Hilfsspeisewasserpumpe nicht verfügbar. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage am Messstutzen eines Speisewasserbehälters der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente» sowie die risikotechnische Einstufung als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Ausfall einer Fremdnetzeinspeisung

■ Am 16. Mai 2024 führte ein fehlerhaftes Öffnen des 50-kV-Schalters im Unterwerk Beznau zum Ausfall der Spannungsversorgung je einer betrieblichen Schiene in den Blöcken 1 und 2. In der Folge wurden gleichzeitig die Notstandsschienen der beiden Blö-

cke spannungslos. Der Block 1 befand sich zu diesem Zeitpunkt im Revisionsstillstand mit vollständig ausgeladenem Reaktorkern und einem zu Wartungszwecken freigeschalteten Notstanddiesel. Da in diesem Zustand die Anforderungen der Technischen Spezifikationen an die Verfügbarkeit der Stromversorgung geringer sind als im Leistungsbetrieb, war das Vorkommnis für den Block 1 nicht meldepflichtig. Der Block 2 befand sich im Vollastbetrieb. Der Notstanddiesel dieses Blocks startete auslegungsgemäss und versorgte die zugeordnete Notstandsschiene. Nachdem das KKB die Ursache für den Ausfall behoben hatte, stellte es die Spannungsversorgung der 50-kV-Schiene noch am gleichen Tag wieder her. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Ausfall einer Fremdnetzeinspeisung und den damit einhergehenden Start des Notstanddiesels der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 2 und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Bruch am Antriebsgehäuse einer Drehklappe im Notstandbrunnensystem

■ Bei Vorbereitungen für eine Funktionsprüfung stellte das Betriebspersonal am 11. Juli 2024 einen Bruch an einem Gehäuse eines Antriebs einer Drehklappe im Notstandbrunnensystem fest. Die Funktion

der Drehklappe selbst war durch diesen Bruch nicht betroffen. Das Betriebspersonal konnte die Verfügbarkeit der Drehklappe im Rahmen des Versuchsprogramms bestätigen. Bei der letzten Inneninspektion der Drehklappe während des Revisionsstillstands 2023 hatte das KKB keine Befunde festgestellt. Die Drehklappe wird nur sehr selten bei der Durchführung einer Routinevorschrift oder bei Versuchsprogrammen bewegt. Als Ursache für den Riss vermutet das KKB die bei der Bedienung auftretenden hohen Kräfte, die nicht vollständig vom Gehäuse aufgenommen werden konnten. Die visuelle Inspektion der einsehbaren Bruchflächen zeigte als Schadensbild einen Gewaltbruch. Die Kontrolle der analogen Drehklappe im Block 1 ergab eine Rissanzeige. Ein Bruch lag jedoch nicht vor. Der Befund im Block 1 war deshalb nicht meldepflichtig. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Bruch am Antriebsgehäuse einer Drehklappe im Notstandbrunnensystem der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 und für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente» sowie die risikotechnische Einstufung als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Ausfall einer Pumpe im Restwärmesystem

■ Am 9. August 2024 fiel während des Abkühlens der Anlage für den Brennelementwechsel eine der beiden Pumpen des Restwärmesystems aus. In diesem Anlagezustand befindet sich das Niveau im Reaktorkühlkreislauf auf zirka 30 cm unterhalb des Reaktordruckbehälter-Deckelflansches. Die Pumpe wurde infolge einer Schutzabschaltung, die durch eine zu hohe Stromaufnahme ausgelöst wurde, gestoppt. Das Restwärmesystem zum Abkühlen der Anlage konnte mit der zweiten Pumpe weiter betrieben werden. Nach dem Austausch der defekten Pumpe durch eine Ersatzpumpe konnte das KKB das Restwärmesystem ab



**Rohrleitungen
des Kondensators.
Foto: Axpo**

dem 12. August 2024 wieder mit zwei Pumpen betreiben. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Ausfall einer Pumpe im Restwärmesystem der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1, 2 und 3 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

Leckagen an den Kolbengehäusen zweier Ladepumpen

■ Am 9. Dezember 2024 stellte das Betriebspersonal an einer der drei Ladepumpen des Chemie- und Volumenregelsystems eine Leckage an einer Stopfbüchse fest. Als Ursache für die Leckage konnte ein Riss im Stopfbüchsengehäuse ermittelt werden. Das KKB tauschte das defekte Stopfbüchsengehäuse gegen ein baugleiches Lagerteil aus. Am 23. Dezember 2024 trat an einer anderen Ladepumpe im gleichen System eine Leckage an einer weiteren Stopfbüchse und damit ein weiteres meldepflichtiges Vorkommen auf. Als Ursache für die Leckage ermittelte das KKB ebenfalls einen Riss im Stopfbüchsengehäuse. Es tauschte das defekte Stopfbüchsengehäuse gegen ein baugleiches Lagerteil aus. Das Personal wies die Betriebsbereitschaft der Ladepumpen

mit Probeläufen nach. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckagen an den Kolbengehäusen zweier Ladepumpen des Chemie- und Volumenregelsystems der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie für die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität», «Kühlung der Brennelemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe».

Gesamtanlage: Nichterfüllen der Spezifikation beladener Behälter

Am 16. Juli 2024 meldete das KKB aufgrund einer nachträglichen Kontrolle der Beladung von Transport- und Lagerbehältern eine Abweichung bei der Zusammensetzung der eingelagerten Brennelemente. Die kontrollierten CASTOR®-Behälter befanden sich im werkeigenen Zwischenlager ZWIBEZ. Der Gadoliniumgehalt der Brennelemente in fünf Behältern entsprach nicht den für diesen Behältertypen spezifizierten Werten. Da es sich beim festgestellten Sachverhalt nicht um ein Vorkommnis handelt, das spezifisch einem Block zugeordnet werden kann, wird dieses Vorkommnis der Gesamtanlage des KKB zugewiesen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das Nichterfüllen der Spezifikation beladener CASTOR®-Behälter der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Hohe Anzahl an Vorkommnissen

Die Anzahl an Vorkommnissen lag im Berichtsjahr bei 13 und war damit vergleichsweise hoch. Dazu beigetragen haben drei Vorkommnisse, die auf Unregelmässigkeiten in der externen Stromversorgung zurückzuführen waren. Weitere vier Vorkommnisse betrafen alterungsbedingte Leckagen: Drei der Leckagen befanden sich im Chemie- und Volumenregelsystem und eine war an einem Speisewasserbehälter.

Unregelmässigkeiten in der externen Stromversorgung

Zu den Vorkommnissen geführt haben Fehler an Schaltern im Unterwerk Beznau. Gemäss Art. 2 Abs. 2 Bst. d der Stromversorgungsverordnung gehören Schaltfelder beim Übergang zu einem Kernkraftwerk, soweit sie für die Sicherheit des Betriebs dieses Kernkraftwerks von Bedeutung sind, explizit nicht zum Übertragungsnetz. Schalter, deren Fehler zum Ausfall einer oder mehrerer Netzanbindungen des KKB führen können, sind für die Sicherheit des Betriebs des KKB von Bedeutung. Sie sind daher dem Verantwortungsbereich des Kernkraftwerks zuzuordnen.

Chemie- und Volumenregelsystem

Das Chemie- und Volumenregelsystem war bereits in den vergangenen Jahren auffällig gewesen. Das KKB hatte dem ENSI daher Ende 2023 eine Zustandsbewertung eingereicht, im Jahr 2024 das Alterungsüberwachungsprogramm und Ende 2024 auch das Instandhaltungsprogramm überprüft und aktualisiert.

Alle im Berichtsjahr meldepflichtigen alterungsbedingten Leckagen traten an Komponenten auf, die bei der Errichtung des KKB unklassiert waren. Sie wurden daher ohne Anwendung des nuklearen Regelwerks gebaut und erst später aufgrund des geänderten Regelwerks einer nuklearen Sicherheitsklasse zugewiesen.

Wie schon im Jahr 2023 traten auch im Berichtsjahr wiederholt Vorkommnisse im Chemie- und Volumenregelsystem auf. Zwei Gründe sind hierfür ausschlaggebend:

1. Die Grundursachen der Vorkommnisse:
 - Korrosion an Schweissnähten, deren konstruktive Ausführung nicht dem heutigen Stand der Technik entspricht, und
 - Belastungen durch Schwingungen aufgrund des in diesem System eingesetzten Pumpentyps im Zusammenhang mit der Leitungsführung und Abstützung.

Diese Grundursachen sind unverändert vorhanden. Bis anhin hat das KKB die betroffenen Komponenten repariert. Das führt den Zustand der Anlage zwar punktuell wieder in einen akzeptablen Zustand zurück. Es verbessert aber den Zustand beispielsweise des Chemie- und Volumenregelsystems als Ganzes nicht.

2. Die Reparatur der betroffenen beziehungsweise der vorbeugende Austausch potenziell betroffener Komponenten gestaltet sich schwierig. Das ist darauf zurückzuführen, dass aufgrund des Alters der Anlage die notwendige Auslegungs- und Herstellungsdocumentation teilweise lückenhaft ist und nicht den Anforderungen der ENSI-Richtlinien entspricht. Die derzeit vorliegende Dokumentation, wie zum Beispiel die Auslegungs- und Detailspezifikationen sowie Vorprüfunterlagen, ist in einer Vielzahl von Fällen nicht geeignet, um die kurzfristige Beschaffung von Ersatz- und Reserveteilen zu gewährleisten.

Es ist nicht auszuschliessen, dass an den Komponenten des Chemie- und Volumenregelsystems ohne grundlegende Verbesserungsmaßnahmen bei der vorliegenden Auslegungs- und Herstellungsdocumentation sowie im System selbst weiterhin alterungsbedingte Leckagen und damit entsprechende meldepflichtige Vorkommnisse auftreten werden.

Speisewasserbehälter

Die Speisewasserbehälter des KKB sind aufgrund ihrer Bedeutung aus Sicht der probabilistischen Sicherheitsanalyse nachträglich der Sicherheitsklasse SK 4 zugeordnet worden. Sie sind aus einem Material gefertigt, das heutzutage für diesen Zweck nicht mehr verwendet würde. Die Behälter mussten bereits mehrfach wegen Rissanzeigen repariert werden.

Im Berichtsjahr war ein langer, ungeplanter Stillstand des Blocks 1 auf den Abklärungsbedarf hinsichtlich der Materialeigenschaften der Speisewasserbehälter unter Anfahrbedingungen zurückzuführen. Umfangreiche Überprüfungen waren erforderlich, um ein

globales Behälterversagen beim Anfahren auszuschliessen. Der Block 1 konnte den Leistungsbetrieb unter Anwendung einer modifizierten Anfahrprozedur erst mit grosser Verspätung wieder aufnehmen. Auch wenn das KKB den Betrieb der Speisewasserbehälter beider Blöcke als sicherheitstechnisch akzeptabel nachgewiesen hat, ist festzuhalten, dass der verwendete Werkstoff nicht mehr dem Stand der Technik entspricht und darüber hinaus Fehler aus der Herstellung bestehen. Aufgrund dessen stellen sich die Materialeigenschaften für Reparaturschweissungen ungünstig dar.

Es ist indes ebenfalls festzuhalten, dass das KKB trotz der wirtschaftlichen Folgen eines längeren Stillstands sehr verantwortungsbewusst und systematisch alle notwendigen sicherheitstechnischen Abklärungen durchgeführt hat. Erst nachdem sich das Werk anhand umfangreicher Prüfungen an den Speisewasserbehältern sowie rechnerischer Nachweise davon überzeugt hat, dass es ein globales Behälterversagen beim Anfahren ausschliessen kann, hat es die Anlage wieder angefahren.

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

1.3 Inspektionen

Neben den durch das Basisprogramm vorgegebenen Inspektionen finden jährlich diverse weitere Inspektionen im KKB statt: je nach Ziel angekündigt oder unangekündigt. Den bisherigen Erfahrungen entsprechend bewertete das ENSI auch im Berichtsjahr die weit überwiegende Anzahl der Bewertungsgegenstände mit Normalität, einige mit Verbesserungsbedarf. Das ENSI kontrolliert die im Rahmen der Inspektionen geforderten Verbesserungsmaßnahmen.

1.4 Anlagentechnik

1.4.1 Revisionsarbeiten

Der Revisionsstillstand im Block 1 dauerte vom 26. April bis zum 19. Juni 2024. Neben dem Brennelementwechsel erfolgten Prü-

fungs- und Wartungsarbeiten. Es ergaben sich keine sicherheitsrelevanten Befunde. Neben der Inspektion der Bodendurchführungen am Reaktordruckbehälter und einer visuellen Kontrolle der Reaktoreinbauten erfolgte eine Inspektion der Trennplatten in den Wasserkammern der beiden Dampferzeuger. Das KKB prüfte die Trennplatten aufgrund eines meldepflichtigen Befunds im KKW Gösgen aus dem Jahre 2023. Die Prüfung ergab keine Befunde. Zudem führte das KKB den alle zehn Jahre anstehenden integralen Leckratentest des Containments durch. Die Summe der gemessenen Leckageraten lag dabei unterhalb der Limite der Technischen Spezifikation. Das Wiederanfahren der Anlage verzögerte sich: Bei Wartungsarbeiten an Kühlern der Notstand-Notstromdieselanlage traten Leckagen auf, weil Dichtungen falsch eingebaut worden waren.

Der Brennelementwechsel im Block 2 dauerte vom 6. bis zum 19. August 2024. Neben den Arbeiten für den Brennelementwechsel fanden in geringem Umfang Prüfungen und Wartungsarbeiten statt. Aufgrund von nicht geplanten Einstellarbeiten an Isolierventilen der Containmentsumpf-Entleerungsleitung verzögerte sich das Wiederanfahren um zwölf Stunden.

1.4.2 Anlageänderungen

Das KKB nahm im Berichtsjahr die Grosskomponentenhalle in Betrieb. Dort wurden die beiden Dampferzeuger, die bis anhin im werkeigenen Zwischenlager ZWIBEZ eingelagert waren, und die beiden Reaktordruckbehälterdeckel aufgenommen.

1.4.3 Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente

Die Blöcke 1 und 2 des KKB werden mit je 121 Brennelementen betrieben. Im Rahmen des Revisionsstillstands vor dem 50. Betriebszyklus lud das KKB im Block 1 zwanzig frische Brennelemente mit Brennstoff aus Natururan oder wiederaufgearbeitetem Uran (WAU) nach. Im Block 2 wurden während des Brennelementwechsels vor dem 51. Zyklus ebenfalls zwanzig frische Brenn-

elemente aus WAU oder Natururan in den Kern geladen. Das KKB bestückte die Reaktorkerne beider Blöcke mit freigegebenen und qualitätsgeprüften Brennelementen des Herstellers Framatome. Das ENSI gab die neuen Kernbeladungen beider Blöcke frei. Sie erfüllten entsprechend der Dokumentation alle Anforderungen.

Im Berichtszeitraum traten keine Defekte an Brennelementen auf. Die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe war somit gegeben. Das KKB bestätigte den auslegungsgemässen Zustand der Brennelemente im Block 2 zuletzt im Rahmen einer Brennelementinspektion während der Revisionsabstellung 2023. Im Jahr 2014 wurden die 25 Steuerelemente beider Blöcke durch neue gleicher Bauart ersetzt. Gemäss Inspektionsintervall inspizierte das KKB während der Revisionsabstellung 2024 alle Steuerelemente im Block 1 anhand einer Wirbelstromprüfung. Das Verhalten war auslegungskonform. Alle Steuerelemente erfüllten die Kriterien für einen weiteren Einsatz.

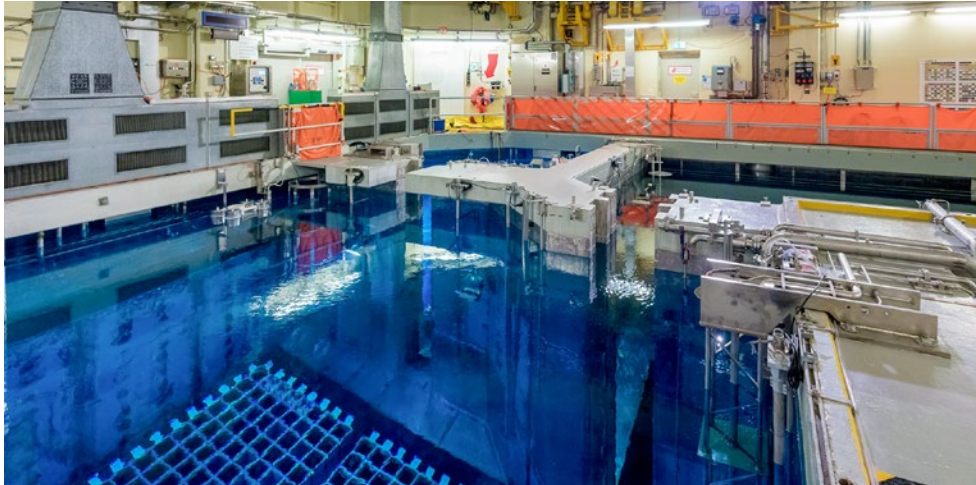
Im Berichtsjahr wurden die Reaktorkerne beider Blöcke auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben. Die Anfahrmessungen beider Blöcke, die das ENSI jeweils im KKB inspiziert, verliefen planungsgemäss. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnungen überein. Das KKB hielt die erforderlichen Toleranzen klar ein.

1.5 Strahlenschutz

Das Betriebsjahr 2024 verlief aus Sicht des Strahlenschutzes erfolgreich. Die meldepflichtigen Vorkommnisse hatten geringe Auswirkungen auf den Strahlenschutz.

Die akkumulierte Kollektivdosis betrug im Berichtsjahr rund 785 Pers.-mSv und lag somit innerhalb der Planungsungenauigkeit. Die höchste akkumulierte Individualdosis betrug 7,4 mSv.

Die Inspektionen des ENSI bestätigten, dass das KKB in allen Betriebsphasen einen effizienten Strahlenschutz betrieb.



**Brennelementlager-
becken.**
Foto: Axpo

Abgaben über die Abluft und das Abwasser

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Abgabelimiten. Dies gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser.

Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritiumabgaben des KKB betrugen rund 16% der Jahresabgabelimite. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern durch. Sie stimmten mit den vom KKB gemeldeten Analyseergebnissen überein. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnete das ENSI die potenzielle Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB unter ungünstigen Annahmen. Die potenzielle Jahresdosis betrug für Erwachsene, für Zehnjährige und Kleinkinder etwa 0,001 mSv und lag damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv pro Jahr gemäss der Richtlinie ENSI-G15 (Strahlenschutzziele für Kernanlagen).

Die Dosisleistungsmesssonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werks zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Die Thermolumineszenz-Dosimeter, die an ausgewählten Stellen am Zaun des Kraftwerkareals angebracht sind, liessen keine nennenswerte Erhöhung gegenüber

der Untergrundstrahlung erkennen. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen der Dosisleistung an der Umzäunung des KKB durch, die ebenfalls keine signifikanten Erhöhungen gegenüber der Untergrundstrahlung zeigten. Die Messungen des Betreibers und des ENSI bestätigten die Einhaltung der nach Artikel 79 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerkareals von 0,02 mSv pro Woche für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 0,1 mSv pro Woche für andere Bereiche.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des KKB wird auf den Strahlenschutzbericht 2024 des ENSI verwiesen.

1.6 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 Nachrüstungsmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Im Berichtsjahr fielen 29 m³ radioaktive Rohabfälle an (siehe Tabelle 6). Die Menge entsprach den Erwartungen aufgrund der durchgeführten Arbeiten.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Das KKB

bewahrt die unkonditionierten Abfälle in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten in den Nebenanlagegebäuden und im werkeigenen Zwischenlager ZWIBEZ auf. Am Ende des Berichtsjahrs lag der Bestand bei 58 m³. Brennbare und weitere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in den Anlagen der Zwiag in Würenlingen bereitgestellt.

Als Konditionierungsverfahren für die Betriebsabfälle kommen im KKB hauptsächlich die Einbindung von Harzen in Polystyrol sowie die Zementierung von Schlämmen zum Einsatz. Für alle Verfahren liegen die erforderlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden sechs Gebinde mit Schlämmen und 20 mit Harzen konditioniert.

79 Gebinde an die Zwiag geliefert

Die konditionierten Abfallgebäude werden in das Rückstandslager und in das Lager für schwachaktive Abfälle des ZWIBEZ eingelagert. Das KKB nutzt zudem die Kapazitäten des Zentralen Zwischenlagers der Zwiag. Im Berichtsjahr wurden 79 konditionierte Harzgebäude in die Zwiag transportiert. Bei der jährlichen Inspektion des Lagerguts im KKB zeigten sich keine meldepflichtigen Befunde. Die radioaktiven Abfälle des KKB sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Wichtig bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Befreiung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKB wurden im Berichtsjahr 520,2 t Material befreit.

Bestrahlte Brennelemente des KKB werden nach einigen Jahren Lagerung im betrieblichen Brennelementbecken in Transport- und Lagerbehälter verpackt und in das Lager für hochaktive Abfälle des ZWIBEZ zur Trockenlagerung überführt. Im Berichtsjahr fanden drei Transfers mit insgesamt 57 Brennelementen statt. Weitere Angaben zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente finden sich in Kapitel 8.

1.7 Notfallbereitschaft

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

Werknotfallübung vom März

Das ENSI beobachtete und beurteilte die Notfallorganisation des KKB im März 2024 im Rahmen der Werknotfallübung POSTREMO. Der Werknotfallübung lag folgende Ausgangslage zugrunde: Beide Blöcke befanden sich im Volllastbetrieb. Für den Block 1 wurde eine kleine Dampferzeugerleckage innerhalb der Limiten der Technischen Spezifikation unterstellt. Aufgrund der hohen Auslastung der Stromnetze waren wiederholt Eingriffe zur Anpassung der Leistungseinspeisung ins Netz erforderlich. Eine Netzstörung löste ein fehlerhaftes Öffnen eines Generatorschalters aus. Die Turbineneinlassventile blieben offen. Die dadurch ausgelöste Überdrehzahl der Turbine führte in der Folge zur Havarie der Turbinengruppe mit zahlreichen Folgeschäden in der unmittelbaren Umgebung. Mehrere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verletzten sich teilweise schwer. Es wurden unter anderem beide Speisewasserbehälter des Blocks 1 sowie die Frischdampfleitungen teilweise zerstört. Ferner wurden die Wände zur Abblasestation und zur 6-kV-Anlage beschädigt. Es trat Wasser in die 6-kV-Anlage. Dies provozierte bei einigen Schienen einen Kurzschluss. Die Ölpumpen der Abblasestation fielen ebenfalls aus. Austretendes Öl und Wasserstoff, der zur Kühlung des Generators verwendet wird, verursachten Folgebrände. Die Turbinenschnellabschaltung und ein Bruch der Frischdampfleitung führten im Block 1 zu einer Reaktorschnellabschaltung mit Unterkühlungstransiente. Letztere wiederum führte zur Auslösung der Sicherheitseinspeisung. Im Block 2 kam es nach der Turbinenschnellabschaltung aufgrund der Vibrationen ebenfalls zu einer

Reaktorschnellabschaltung. Die Unterkühlungstransiente führte zur Vergrösserung der Dampferzeugerleckage. Zudem schloss die Frischdampf-Schnellschlussarmatur zu einem Dampferzeuger nicht ganz. Die Anlageschäden führten zu nicht bilanzierten Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt und erforderten unter anderem Massnahmen zur Kühlung des Containments und zur Druckentlastung des Primärkreises.

Die Notfallorganisation des KKB stufte die Ereignisse korrekt ein und meldete sie zeitgerecht an das ENSI. Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kommt das ENSI zum Schluss, dass die Notfallorganisation die vorgegebenen Ziele für Werknotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 (Notfallübungen) erreicht hat. Das KKB verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im Oktober 2024 zeigte, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren.

Ferner löste das ENSI im November ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKB aus, der die Verfügbarkeit des Werknotfallstabs innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigte.

1.8 Personal und Organisation

Der Personalbestand des KKB erhöhte sich im Berichtsjahr auf 530 Personen (ohne Lernende, Vorjahr: 509 Personen), die 514 Vollzeitstellen besetzten. Die Zunahme ist teilweise auf Doppelbesetzungen zurückzuführen. Hiermit soll der Wissenstransfer ermöglicht sowie Projekte im Rahmen der Stilllegungsplanung und im Zusammenhang mit der Digitalisierung forciert werden. Im Berichtsjahr erfolgten diverse organisatorische Änderungen, die eine Freigabe des Kraftwerkreglements erforderten. Beispielsweise legte das KKB die Ressorts «Änderungswesen/PMO» und «Projektierung» zusammen und präziserte das Vorgehen bei meldepflichtigen Ernennungen. Das KKB nahm die neu gegründete Organisationseinheit für die Ereignisbearbeitung als Stabsfachstelle «Ereignisanalyse» ins

Kraftwerkreglement auf. Die Axpo Power AG gründete in zwei Geschäftseinheiten der Division Kernenergie zwei neue Ressorts, die dem KKB für spezifische Aufgaben zur Verfügung stehen. Das ENSI erteilte die Freigabe für das Kraftwerkreglement.

Das KKB setzte sich weiterhin aktiv mit Herausforderungen im Personalbereich auseinander. Zu diesen Herausforderungen gehört beispielsweise der Fachkräftemangel. Die Personalrekrutierung war auch im Berichtsjahr mit erhöhten Aufwendungen verbunden. Das KKB intensivierte seine Bemühungen zur Personalbindung. Standardisierte Mitarbeiterbefragungen zur Evaluation der Arbeitssituation, Leadership-Trainings und die Verbesserung des Schichtmodells sind Initiativen, um diesen Herausforderungen zu begegnen.

Managementsystem

Im Berichtsjahr fand eine Rezertifizierung des Managementsystems statt. Damit besitzt das Managementsystem des KKB weiterhin eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm ISO 9001:2015.

Das ENSI führte eine Schwerpunktinspektion zum Managementsystem durch mit dem Thema «Organisatorische Aspekte der Ersatzbeschaffung neuer Kältemaschinen». Das KKB legte dem ENSI im Rahmen der Inspektion dar, dass es über einen Prozess zur Berücksichtigung von Änderungen des Regelwerks verfügt und sich verändernde Rahmenbedingungen vorausschauend einbezieht. Damit erfüllt der entsprechende Prozess des Managementsystems die Vorgaben der Richtlinie ENSI-G7 (Organisation von Kernanlagen).

Das ENSI führte im Berichtsjahr diverse Inspektionen zu personellen und organisatorischen Aspekten durch. Unter Bezugnahme auf die Richtlinie ENSI-G07 (Organisation von Kernanlagen) und auf eine relevante administrative Weisung inspizierte das ENSI die Anwendung von Fehlervermeidungstechniken während der Revisionsabstellung. Zu den Fehlervermeidungstechniken gehören beispielsweise Kommunikationstechniken wie die Drei-Wege-Kommunikation, die

Verwendung des phonetischen Alphabets, die Arbeitsvorbesprechung oder ein Peer-Check. Die Inspektion bestätigte, dass das KKB die Fehlervermeidungstechniken während des Entlastens der Anlage systematisch und – wo erforderlich – situativ anwandte.

Keine Zulassungsprüfungen

Im Berichtsjahr fanden keine Zulassungsprüfungen für zulassungspflichtiges Personal des KKB statt.

Das ENSI führte eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2023 und zur Planung des Ausbildungsprogramms 2024 der Abteilung Betrieb durch. Gegenstand der Inspektion waren die anlagen-spezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator und die allgemeine Wiederholungsschulung. Die Ausbildungsprogramme des KKB in den inspizierten Bereichen waren konform mit der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) und erfüllten die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B10 (Ausbildung, Wiederholungsschulung und Weiterbildung des Personals).

1.9 Sicherheitsbewertung

1.9.1 Block 1

Im Jahr 2024 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 die für beide Blöcke relevanten Beurteilungen). Dabei kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungsmatrix zu den nachfolgenden zusammenfassenden Beurteilungen.

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen richteten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

Auslegungsvorgaben

Bei der Beurteilung der Auslegungsvorgaben bewertet das ENSI unter anderem die Auslegung der Anlage bezüglich Redundanzgrad, Diversität, räumlicher Separation und Robustheit gegen auslösende Ereignisse. Die Auslegung des KKB übertrifft die Minimalanforderungen und den Stand ausländischer Anlagen desselben Typs und ist insofern als gut zu bewerten. Allerdings ist, wie in Unterkapitel 1.2 dargelegt, die derzeit vorliegende Auslegungs- und Herstellungsdokumentation in einer Vielzahl von Fällen nicht geeignet, um die erforderliche kurzfristige Beschaffung von Ersatzteilen zu gewährleisten. Daher bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als ausreichend.

Betriebsvorgaben

Da keine Bewertungen der Kategorie A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich der Betriebsvorgaben als hoch.

Zustand und Verhalten der Anlage

Das ENSI beurteilt die in Unterkapitel 1.2 beschriebene Abweichungen im Bereich des Zustands und Verhaltens der Anlage als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Bewertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES liegen, würde das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage an sich als gut bewerten. Allerdings sind der Zustand des Chemie- und Volumenregelsystems aufgrund der in Kapitel 1.2 dargelegten Problematik der Korrosion und der Schwingungen sowie der Zustand der Speisewasserbehälter aufgrund der in Unterkapitel 1.2 dargelegten ungünstigen Materialeigenschaften in beiden Blöcken nicht mehr als gut einzustufen. Daher bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als ausreichend.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Das ENSI beurteilt die in Unterkapitel 1.2 beschriebene Abweichung im Bereich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Bewertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES liegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als gut.

1.9.2 Block 2

Im Jahr 2024 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 die für beide Blöcke relevanten Beurteilungen). Dabei kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungsmatrix zu den nachfolgenden zusammenfassenden Beurteilungen.

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen richteten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

Auslegungsvorgaben

Bei der Beurteilung der Auslegungsvorgaben bewertet das ENSI unter anderem die Auslegung der Anlage bezüglich Redundanzgrad, Diversität, räumlicher Separation und Robustheit gegen auslösende Ereignisse. Die Auslegung des KKB übertrifft die Minimalanforderungen und den Stand ausländischer Anlagen desselben Typs und ist insofern als gut zu bewerten. Allerdings ist, wie in Unterkapitel 1.2 dargelegt, die derzeit vorliegende Auslegungs- und Herstel-

lungsdokumentation in einer Vielzahl von Fällen nicht geeignet, um die erforderliche kurzfristige Beschaffung von Ersatzteilen zu gewährleisten. Daher bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als ausreichend.

Betriebsvorgaben

Da keine Bewertungen der Kategorie A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich der Betriebsvorgaben als hoch.

Zustand und Verhalten der Anlage

Das ENSI beurteilt die in Unterkapitel 1.2 beschriebenen Abweichungen im Bereich des Zustands und Verhaltens der Anlage als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Bewertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES liegen, würde das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage an sich als gut bewerten. Allerdings sind der Zustand des Chemie- und Volumenregelsystems aufgrund der in Unterkapitel 1.2 dargelegten Problematik der Korrosion und der Schwingungen sowie der Zustand der Speisewasserbehälter aufgrund der in Unterkapitel 1.2 dargelegten ungünstigen Materialeigenschaften in beiden Blöcken nicht mehr als gut einzustufen. Daher bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als ausreichend.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Da keine Bewertungen der Kategorie A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als hoch.

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

Sicherheitsbewertung 2024 KKB 1: Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Bewertungen bezüglich Transporten zu und von den Kernkraftwerken werden im Text behandelt, aber für die anlagenspezifische Gesamtbewertung nicht berücksichtigt.

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

Sicherheitsbewertung 2024 KKB 1: Schutzziel-Perspektive

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

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

Sicherheitsbewertung 2024 KKB 2: Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Bewertungen bezüglich Transporten zu und von den Kernkraftwerken werden im Text behandelt, aber für die anlagenspezifische Gesamtbewertung nicht berücksichtigt.

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

Sicherheitsbewertung 2024 KKB 2: Schutzziel-Perspektive

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

2



2. Kernkraftwerk Gösgen

2.1 Überblick

Das ENSI beurteilt die Sicherheit bezüglich der unten aufgeführten Bewertungsgegenstände für das Berichtsjahr wie folgt:

Sicherheitsbewertung 2024	KKG
Auslegungsvorgaben	Hoch
Betriebsvorgaben	Hoch
Zustand und Verhalten der Anlage	Gut
Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation	Gut

Das Kernkraftwerk Gösgen (KKG) befand sich abgesehen vom Revisionsstillstand im Leistungsbetrieb. Das ENSI stellt fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten wurden.

Der Revisionsstillstand dauerte vom 25. Mai bis zum 26. Juni 2024. Neben dem Austausch von Brennelementen fanden Prüfungen und Inspektionen an Komponenten und Systemen statt. Es zeigten sich keine Befunde, die einem sicheren Betrieb entgegengestanden hätten.

Alle Vorkommnisse auf der INES-Stufe 0

Im Berichtsjahr gab es im KKG zehn meldepflichtige Vorkommnisse mit Bezug zur nuklearen Sicherheit zu verzeichnen, die das ENSI alle der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zuordnete. Das ENSI stufte einen gemeldeten Sachverhalt als nicht meldepflichtig ein.

Das ENSI führte im Rahmen seiner Aufsicht 110 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungen und überwachte deren Umsetzung.

Die Kollektivdosis war sowohl während des Revisionsstillstands als auch im Leistungsbetrieb tief. Die Dosisgrenzwerte 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 waren verglichen mit der mittleren natürlichen jährlichen Strahlenexposition in der Schweiz unbedeutend.

Das Kernkraftwerk Gösgen ist eine Drei-Loop-Druckwasserreaktor-Anlage und nahm seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1979 auf. Die elektrische Bruttoleistung beträgt 1060 MW, die elektrische Nettoleistung 1010 MW. Weitere Daten sind in den Tabellen 1 und 2 im Anhang zusammengestellt. Die Figur 5a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage.

Die Messwerte der kontinuierlichen Überwachung der Primärkühlmittelaktivität zeigten keine Anzeichen für defekte Brennstäbe.

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

Im Berichtsjahr bestanden eine Schichtchefin, zwei Schichtchefs und sechs Reaktoroperateure die Zulassungsprüfung.

2.2 Betriebsgeschehen

Das KKG erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 90,4% und eine Zeitverfügbarkeit von 91,2%. Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war auf den Revisionsstillstand zurückzuführen.

Die ausgekoppelte Prozesswärme für die Versorgung einer nahegelegenen Kartonfabrik und einer benachbarten Papierfabrik belief sich auf 210.76 GWh.

Zur Durchführung von Funktionsprüfungen erfolgten kurzzeitige Leistungsabsenkungen. Auf Anforderung des Lastverteilers senkte das KKG an insgesamt vier Tagen jeweils für wenige Stunden die elektrische Leistung um 100 MW. Bei einem meldepflichtigen Vorkommnis kam es aufgrund eines Fehleinwurfs eines Steuerstabs zu einer zirka zweistündigen Leistungsabsenkung auf 880 MW.

**Kühlturm des
Kernkraftwerks
Gösgen.
Foto: ENSI**

Meldepflichtige Vorkommnisse

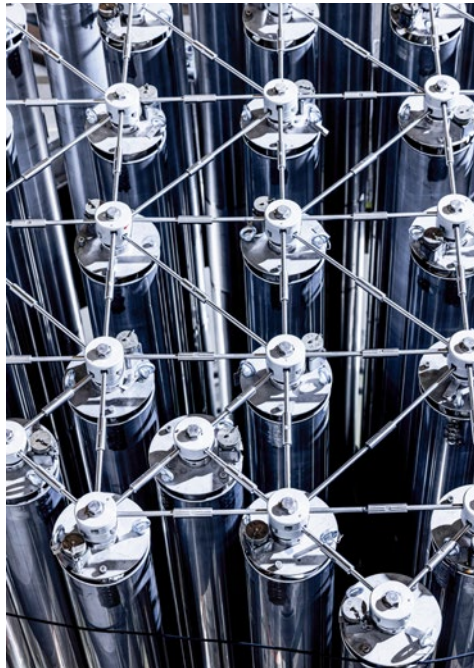
Im Berichtsjahr waren zehn meldepflichtige Vorkommnisse mit Bezug zur nuklearen Sicherheit zu verzeichnen, die das ENSI alle der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zuordnete.

Deformation des Antriebswagens

■ Am 15. Dezember 2023 kam es während Inbetriebsetzungsarbeiten der ertüchtigten Brennelement-Schleusensteuerung zu einem mechanischen Schaden am Antriebswagen und an den Schienen im Schleusenrohr. Auslöser war eine unzuverlässige mechanische Verriegelung, die den Antriebswagen nicht ausreichend fixierte. Die Meldung an das ENSI erfolgte aufgrund interner Abklärungen am 6. Februar 2024. Die Brennelementschleuse wird verwendet, um Brennelemente vom Gebäude A und ins Gebäude B zu transportieren. Zum Zeitpunkt des Vorkommnisses fand kein Brennelementtransport statt. Die unzuverlässige Verriegelung des Antriebswagens ist auf eine fehlerhafte Designlösung zurückzuführen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Deformation des Antriebswagens der Kategorie A (Abweichung) der ENSI Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustandes und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.

Fehleinfall eines Steuerstabs

■ Am 11. April 2024 kam es im KKG zu einem Fehleinfall eines Steuerstabs. Der Fehleinfall wurde vom Reaktorschutzsystem auslegungsgemäss erkannt und über die entsprechende Begrenzungsfunktion beherrscht. Dazu gehört nebst dem Absetzen der entsprechenden Meldung auch eine Begrenzung der Reaktorleistung. Im Rahmen der Abklärungen des Sachverhalts fand die Fachabteilung einen losen Draht bei der Spannungsversorgung der Greifspule des Steuerstabs. Der Draht konnte in der entsprechenden Klemme festgezogen und die Greifspule somit wieder unter Spannung gesetzt werden. Das KKG nahm nach der



Steuerstabantriebe.
Foto: KKG

Prüfung der Reparatur den Volllastbetrieb wieder auf. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Fehleinfall eines Steuerstabs der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und für das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

Fremdkörper im Schmierölsystem

■ Am 26. April 2024 fand das Personal bei der Inspektion einer Rückschlagklappe im Schmierölsystem des Dieselpumpenaggregats der zweiten Wasserfassung Reststücke eines Putzlappens im Sitz der Klappe. Es entfernte die Reststücke, reinigte das System und nahm es nach eingehender Prüfung wieder in Betrieb. Anlass der Inspektion der Rückschlagklappe war das Feststellen einer Rückwärtsdrehung der Vorschmierpumpe zur Versorgung des Dieselpumpenaggregats mit Schmieröl. Das KKG vermutet, dass der Putzlappen während der Revision der zweiten Wasserfassung im Jahr 2023 über eine Öffnung in das System gelangte, da während dieser Revision verschiedene Arbeiten in direkter Umgebung zur Vorschmierpumpe durchgeführt worden wa-

ren. Eine genauere Bestimmung des Zeitpunkts des Eintrags und der Herkunft des Putzlappens ist nicht möglich. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Fremdkörper im Schmierölsystem bezüglich der Funktionseinschränkung der betroffenen Rückschlagklappe der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 und für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente». Die Arbeitsorganisation und -bedingungen bei den Instandhaltungsarbeiten ordnete das ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit ebenen- und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Leckage an einer Sprühflutleitung einer Löschanlage

■ Das KKG stellte am 10. Juni während des Revisionsstillstands 2024 eine Tropfleckage an einer Sprühflutleitung einer Löschanlage fest. Die betroffene Leitung ist Teil des Sprühflutsystems einer Hauptkühlmittelpumpe innerhalb des Containments. Am 14. Juni 2024 entfernte das KKG das betroffene Leitungsstück und ersetzte es durch ein neues. Der rohrdurchdringende Korrosionsbefund hatte einen Durchmesser von etwa 1 mm. Die Leitung bildet in diesem Bereich einen Tiefpunkt, in dem Restwasseransammlungen nachgewiesen wurden. Die Sprühleitung ist im Normalfall nicht mit Löschwasser gefüllt und wird nur im Anforderungsfall, das heisst nach Auslösung der zugeordneten Brandmeldelinie, mit 9 Bar unter Druck gesetzt. Der Korrosionsfortschritt und die Leckagemenge lassen den Schluss zu, dass die Integrität des Systems nicht beeinträchtigt war und die Löschfunktion im Anforderungsfall (Brandfall «Hauptkühlmittelpumpe») gewährleistet gewesen wäre. Die direkte Ursache für die Tropfleckage ist die vorgefundene Muldenkorrosion. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung

die Leckage an einer Sprühflutleitung einer Löschanlage aufgrund einer Muldenkorrosion der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit sicherheitsebenen- und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Störung eines Impulskanals

■ Am 25. Juni 2024 kam es während des Anfahrprozesses, noch unter 5% thermischer Leistung, zu einer Störung der Impulsbereichsmessung. Diese löste eine Reaktorschnellabschaltung aus. Da sich die Anlage im Anfahrprozess befand und die Entborierung erst begonnen hatte, löste die Reaktorschnellabschaltung weder neutronenphysikalisch noch thermisch eine Transiente aus. Die Störungsursache konnte auf den Verstärkerbereich eines Impulskanals eingegrenzt, jedoch nicht eindeutig identifiziert werden. Deshalb ersetzte das KKG den Kabelstecker am Vorverstärker, den Vorverstärker und den digitalen Verstärker und separierte die elektrische Erdung des Impulsbereichs vom Mittel- und Leistungsbereich. Bei den anschliessenden Nulllastmessungen zeigte sich, dass die Massnahmen wirkungsvoll waren. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Störung eines Impulskanals der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 und für das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

Leckage am Faltenbalg eines Sicherheitsventils

■ Am 2. Oktober 2023 stellte das Betriebspersonal bei einem Anlagenrundgang im Ringraum an der Aussenoberfläche eines Sicherheitsventils in der Flutbehälter-Saugleitung eine Borkruste fest, die auf eine Leckage zwischen Ventiloberteil und -haube hindeutete. Die Funktion des Ventils ist die Überdruckabsicherung bei eingeschlossenem Medium im betroffenen Rohrleitungsabschnitt. Das KKG konnte anhand einer Funktionsprüfung aufzeigen, dass das

Ventil innerhalb der Toleranz anspricht und seine Funktion somit gewährleistet war. Aufgrund der Untersuchungen zum genauen Schadensmechanismus meldete das KKG den Schaden am 10. Juli 2024. Im Rahmen der Strangrevision ersetzte das KKG das Sicherheitsventil durch ein Reserveventil. Nach einer Prüfung des Ventils und nachfolgender Demontage stellte das KKG einen Riss im Faltenbalg des Sicherheitsventils fest. Das Vorkommnis hatte keine Beeinträchtigung des Anlagebetriebs zur Folge. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage am Faltenbalg eines Sicherheitsventils der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 3 sowie für die Schutzziele «Kühlung der Brennelemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe».

Ausfall des Kugelmesssystems

■ Am 11. Juli 2024 konnte eine Kugelmessung nicht wie vorgesehen durchgeführt werden. Mit dem Kugelmesssystem wird in regelmässigen Zeitabständen ein genaues 3D-Neutronenflussprofil gemessen, um Kalibrierungsarbeiten an den Leistungsverteilungsdetektoren vorzunehmen. Die aufgetretene Störung beschränkte sich auf eine einzige Kugelmessung und hatte keinen Einfluss auf die laufenden Berechnungen der Kernüberwachung oder die Messung der Leistungsverteilungsdetektoren. Das KKG behob das Problem innerhalb der von der Technischen Spezifikation vorgegebenen Zeit. Die Überwachung des Reaktorkerns war zu jeder Zeit gewährleistet. Die anschliessende Untersuchung ergab, dass die Störung durch einen Fehler an einem Kommunikationsmodul verursacht wurde. Nach dem Austausch der defekten Komponente testete das KKG das System erfolgreich und nahm es wieder in Betrieb. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Ausfall des Kugelmesssystems der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als

Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und für das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

Korrosion und Leckage im Nebenkühlwassersystem

■ Am 19. September 2024 entdeckte das Betriebspersonal bei einer Inspektion Korrosionsspuren an der Schweissnaht zwischen einer Armatur und der zugehörigen Rohrleitung im nuklearen Nebenkühlwassersystem. Zur weiteren Abklärung führte das KKG eine Röntgenprüfung am betroffenen Leitungsabschnitt durch. Bei der Auswertung des Bildmaterials konnten im Bereich der beobachteten Korrosionsspuren muldenartig verlaufende Waddickenschwächungen festgestellt werden. Zur Verhinderung weiterer Leckagen montierte das KKG temporär eine abdichtende Bandage im betroffenen Leistungsabschnitt. Die definitive Reparatur erfolgt im Rahmen der nächsten Strangrevision. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Korrosion und Leckage im Nebenkühlwassersystem der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1, 2 und 3 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

Fremdkörper im Sperrwassersystem

■ Am 22. September 2024 stellte das Betriebspersonal beim Probelauf einer Redundanz des Sperrwassersystems einen verzögerten Druckaufbau und laute Geräusche fest. Als Ursache eruierte das KKG ein Sicherheitsventil, das zum Sperrwassersystem gehört. Weitere Untersuchungen ergaben, dass sich ein Stück eines O-Rings einer Dichtung vor einer im System eingebauten Blende befand. Nachdem das KKG den Fremdkörper entfernt und das Sicherheitsventil revidiert hatte, konnte es einen erfolgreichen Probelauf durchführen und damit die Funktionsfähigkeit des Systems nachweisen. Wie es zu diesem Fremdkörpereintrag gekommen ist, konnte das KKG nicht



**Bolzen des Reaktor-
druckbehälters.**
Foto: KKG

eruierten. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Fremdkörper im Sperrwassersystem der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 3 sowie für das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».

Rissbedingte Leckage im Schmieröl-system

■ Am 15. Oktober 2024 stellte das Betriebspersonal beim 48-Stunden-Probelauf eines Notstromdiesels eine Leckage an einer Messleitung des Schmierölsystems fest. Das KKG unterbrach den Probelauf und ersetzte die betroffene Messleitung. Der Probelauf des Notstromdiesels konnte danach erfolgreich durchgeführt werden. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die rissbedingte Leckage im Schmierölsystem der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 und schutzzielübergreifender Bedeutung.

■ Am 10. Dezember 2024 meldete das KKG, dass das Kugelmesssystem am 9. Dezember während 19 Minuten nicht verfügbar gewesen sei. Auf der Warte hatte die Meldung «Störung Kugelmesssystem» angesprochen.

Die Störungsanalyse anhand der vorliegenden Stromlaufpläne hatte ergeben, dass beide Einspeisungen des Ein- und Ausgabesystems des Kugelmesssystems aufgrund des Auslösens einer Sicherung unverfügbar werden. Weitergehende Abklärungen haben jedoch aufgezeigt, dass das KKG die Einspeisungen des Kugelmesssystems im Jahr 2013 optimiert, aber den bei der Störungsabklärung herangezogenen Stromlaufplan nicht korrigiert hatte. Dies führte zur irrtümlichen Einschätzung des KKG, dass das Kugelmesssystem für die Zeit des Sicherungsausfalls nicht verfügbar gewesen wäre. Das KKG hat die betroffenen Stromlaufpläne korrigiert und an die effektive Situation angepasst. Das Kugelmesssystem war im angegebenen Zeitraum verfügbar und das Vorkommnis somit nicht meldepflichtig.

Die Anzahl an Vorkommnissen lag im Berichtsjahr bei zehn. Zur überdurchschnittlich hohen Anzahl an meldepflichtigen Vorkommnissen trugen unter anderen zwei Vorkommnisse mit Fremdmaterialeintrag bei. Das ENSI hat dieses Thema im Rahmen einer Inspektion adressiert (siehe Unterkapitel 2.8).

Die Anzahl an 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.



**Arbeiten am
Wasserabscheider-
Zwischenüberhitzer.
Foto: KKG**

2.3 Inspektionen

Neben den durch das Basisprogramm vorgegebenen Inspektionen finden jährlich diverse weitere Inspektionen im KKG statt: je nach Ziel angekündigt oder unangekündigt. Den bisherigen Erfahrungen entsprechend bewertete das ENSI auch im Berichtsjahr die weit überwiegende Anzahl der Bewertungsgegenstände mit Normalität, einige mit Verbesserungsbedarf. Im Berichtsjahr hat das ENSI keine Gegenstände mit Abweichung bewertet.

2.4 Anlagentechnik

2.4.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstands vom 25. Mai bis zum 26. Juni 2024 erfolgten Brennelementwechsel, Brennelementinspektionen, Prüfungen elektrischer und mechanischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Prüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten. Erwähnt seien folgende Arbeiten und Prüfergebnisse:

- Das KKG sanierte einen der beiden Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer – inklusive Wirbelstromprüfung an den Zwischenüberhitzer-Bündeln. Konstruktive Anpassungen an den Bauteilen des Wasserabscheider-Zwischenüberhitzers verursachten zusätzliche Arbeiten. Dies führte zu einer Verlängerung der Revision.

- An einer Speisewasser-Hauptpumpe und dessen Getriebe wurde eine Komplettrevision durchgeführt.

- Das KKG inspizierte an einem Dampferzeuger sekundärseitig verschiedene Schweissnähte mit einer Oberflächenriss- und Ultraschallprüfung. Die Prüfungen waren ohne Befund. Einzig bei einem Frischdampfstutzen wurden drei registrierpflichtige Anzeigen im Volumen festgestellt.

- Mehrere Stutzenschweissnähte (Mischnähte) an den Hauptkühlmittelleitungen wurden mit Oberflächenriss- und Ultraschallprüfung geprüft. Es wurden keine bewertungspflichtigen Befunde registriert.

- Das KKG führte an der Rundnaht am Deckel des Reaktordruckbehälters Oberflächenriss- und Ultraschallprüfungen durch. Die Prüfungen waren aus logistischen Gründen um ein Jahr vorgezogen worden. Sie ergaben keinen Befund.

- Aufgrund von Erfahrungsmeldungen aus Frankreich bezüglich der Spannungsrisskorrosion an austenitischen Schweissnähten im Primärkreis führte das KKG eine Ultraschallprüfung an einer Schweissnaht an einer Sprühleitung durch, die während der Herstellung repariert worden war. Die Prüfung war ohne Befund.

2.4.2 Anlageänderungen

Folgende Anlageänderungen seien erwähnt:

- Im Strang 3 wurden die Batterien der Gleichstromanlagen komplett ersetzt.

■ Das KKG erneuerte die N16-Messstellen im Frischdampfsystem. Dazu gehört auch der Ersatz der zugehörigen Leittechnik und Kabel.

■ Das KKG erneuerte die Steuerung der Brennelementschleuse. Dazu gehört der Ersatz der Antriebskomponenten sowie der Mess- und Überwachungseinrichtungen.

■ In einem Raum im Reaktorgebäude baute das KKG zwölf Leckstoppventile in Messleitungen ein, die an das Reaktorkühlsystem anschliessen. Mit diesen Ventilen kann bei Leitungsbruch nach extremen Erdbeben ein Kühlmittelaustritt aus den Messleitungen in den Ringraum verhindert werden.

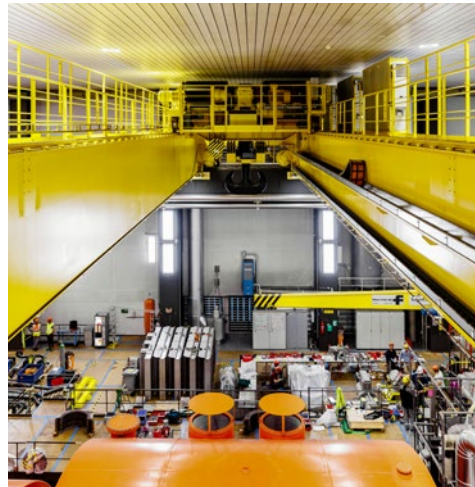
2.4.3 Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente

Geringe Aktivitätskonzentrationen im Primärkühlmittel liessen den Schluss zu, dass im 45. Betriebszyklus (2023/2024) keine Brennstabdefekte mit Aktivitätsfreisetzung aufgetreten waren. Während des Revisionsstillstands wurden 36 frische Uran-Brennelemente in den Reaktorkern geladen, der damit im 46. Betriebszyklus insgesamt 152 Uran- und 25 WAU-Brennelemente (wiederaufgearbeitetes Uran) enthält.

Bei umfangreichen Inspektionen der Standard-Brennelemente mit Uran- und WAU-Brennstoff und verschiedenen Standzeiten stellte das KKG auslegungsgemässe Zustände fest. Dies gilt auch für die Brennelementverbiegung. Die an Brennstäben mit verschiedenen Hüllrohrmaterialien gemessenen Oxidschichtdicken sind gering und liegen im erwarteten Bereich.

Die Einsatztauglichkeit der im 46. Zyklus eingesetzten Steuerelemente wurde durch Messungen der Wanddicke oder administrative Massnahmen sichergestellt. Damit wird gewährleistet, dass die mögliche Durchmesserzunahme nicht zu einer Rissbildung führt und dass alle Sicherheitskriterien eingehalten werden.

Das ENSI hat sich davon überzeugt, dass das KKG neue Brennelemente und Steuerelemente einsetzt, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen und nur bestrahlte Brennelemente



**Blick von der
Kranbahn aus.
Foto: KKG**

und Steuerelemente mit defektfreien Hüllrohren in den Reaktor einsetzt.

Im Berichtszeitraum 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.

2.5 Strahlenschutz

Das Betriebsjahr 2024 verlief aus strahlenschutztechnischer Sicht erfolgreich. Im Frühsommer absolvierte das KKG eine umfangreiche Revision. Insgesamt betrug die Kollektivdosis im Berichtsjahr 347 Pers.-mSv, die maximale Individualdosis 5,1 mSv.

Die wasserchemische Behandlung des Primärkühlmittels mit der seit 2005 betriebenen Zinkeinspeisung erweist sich weiterhin als erfolgreich. An den mit Primärkühlmittel benetzten Komponenten des KKG sank die Dosisleistung um durchschnittlich 78%. Die Inspektionen des ENSI bestätigten, dass das KKG damit und mit weiteren Massnahmen in allen Betriebsphasen einen effizienten Strahlenschutz betrieb.

Abgaben über die Abluft und das Abwasser

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Abgabelimiten.

Dies gilt auch für die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser ohne Tritium. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritiumabgaben des KKG betrugen rund 29% der Jahresabgabelimite. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern durch. Sie stimmten gut mit den vom KKG gemeldeten Analyseergebnissen überein. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnete das ENSI die potenzielle Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKG unter ungünstigen Annahmen. Die potenzielle Jahresdosis betrug für Erwachsene, Zehnjährige und für Kleinkinder unter 0,001 mSv und lag damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv pro Jahr gemäss der Richtlinie ENSI-G15 (Strahlenschutzziele für Kernanlagen).

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) am Zaun des Areals registrierten keine signifikante Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen der Dosisleistung an der Umzäunung des KKG durch, die ebenfalls keine signifikanten Erhöhungen gegenüber der Untergrundstrahlung zeigten. Die Messungen des Betreibers und des ENSI bestätigten die Einhaltung der nach Artikel 79 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerkareals von 0,02 mSv pro Woche für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 0,1 mSv pro Woche für andere Bereiche. Für detaillierte Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des KKG wird auf den Strahlenschutzbericht 2024 des ENSI verwiesen.

2.6 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKG regelmässig aus den Wasserreinigungssys-

temen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstungs-massnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Im Berichtsjahr fielen 17 m³ radioaktive Rohabfälle an (siehe Tabelle 6). Die Menge entsprach den Erwartungen aufgrund der durchgeführten Arbeiten.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Das KKG bewahrt die unkonditionierten Abfälle in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone auf. Ihr Bestand lag mit 22 m³ im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brennbare und weitere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in den Anlagen der Zwiilag in Würenlingen bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren für die Betriebsabfälle kommen im KKG hauptsächlich die Bituminierung von Harzen und Konzentraten zur Anwendung. Weiterhin werden im Rahmen von periodischen Kampagnen Reaktorabfälle (Coreschrotte) zerlegt und in MOSAIK-Behältern verpackt beziehungsweise in Fässern einzementiert. Für alle angewandten Verfahren liegen die erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor.

Ersatzverfahren zur Konditionierung

Im Berichtsjahr hat das KKG die ersten Schritte unternommen, um ein Ersatzverfahren für die bisherige Bituminierung zur Konditionierung der Konzentrate einzuführen, die aus den Verdampfern bei der Aktivabwasserbehandlung anfallen. Dafür hat das KKG beim ENSI ein Gesuch auf Genehmigung zur Typenprüfung eines neuen Abfallgebindetyps für getrocknete radioaktive Konzentrate gemäss der Richtlinie ENSI-B05 (Konditionierung radioaktiver Abfälle) eingereicht.

Die konditionierten Abfallgebinde werden im werkeigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKG nutzt zudem die Kapazitäten

des Zentralen Zwischenlagers der Zwiilag. Bei der jährlichen Inspektion des Lagerguts im KKG zeigten sich keine meldepflichtigen Befunde. Die radioaktiven Abfälle des KKG sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Wichtig bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Befreiung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKG wurden im Berichtsjahr 7,2t Material freigemessen. Im Berichtsjahr führte das KKG zwei innerbetriebliche Transporte mit insgesamt 24 abgebrannten Brennelementen aus dem Brennelementbecken des Reaktorgebäudes ins werkeigene externe Nasslager durch. Weitere Information zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente findet sich in Kapitel 8.

2.7 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des KKG ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen sowie entsprechenden Vorkehrungen hat das Werk die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Gesamtnotfallübung vom November

Das ENSI beobachtete und beurteilte die Notfallorganisation des KKG im November 2024 im Rahmen der Gesamtnotfallübung URANOS.

Das Szenario unterstellte, dass das KKG seit gut vier Monaten im Volllastbetrieb lief. Das KKG unterzog einen Strang mit einem defekten Notstanddiesel einer ungeplanten Revision. Ferner wurde vor starkem Niederschlag und Orkanböen gewarnt. Die Anbindung des KKG an das 220-kV-Netz war aufgrund von Reparaturarbeiten der Swissgrid unterbrochen. Infolge des Unwetters verlor das KKG die Anbindung an das 380-kV-Netz. Es folgte ein Lastabwurf auf Eigenbedarf und etwas später eine Turbinenschnellab-

schaltung wegen eines Lagerschadens. Die Anlage befand sich somit im Notstromfall. Der zweite Notstanddiesel fiel aus. Ausgelaufenes Öl am beschädigten Turbinenlager führte zu einem Brand. Die Brandschutzauslösung blieb aufgrund eines drucklosen Hydrantennetzes wirkungslos. Ein Dammbruch in Winznau verursachte eine Flutwelle, die das KKG-Areal unter Wasser setzte. Dies führte dazu, dass die beiden Wasserversammlungen und damit die Notstromdiesel ausfielen. Dadurch kam die Anlage in einen «Total Station Blackout». Weitere technische Schwierigkeiten – wie etwa auftretende Leckagen – führten schliesslich zu einem Kernschaden. Daher musste das KKG eine Druckentlastung des Primärcontainments durchführen. Bei der Ausführung von Notfallmassnahmen verletzten sich Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Die Betriebsfeuerwehr und die Betriebssanität versorgten sie. Die Notfallorganisation des KKG stufte die Ereignisse korrekt ein und meldete sie zeitgerecht an das ENSI. Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kommt das ENSI zum Schluss, dass die Notfallorganisation die vorgegebenen Übungsziele für Gesamtnotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 (Notfallübungen) erreicht hat. Das KKG verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im September 2024 zeigte, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren.

Ferner löste das ENSI im November ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKG aus, der die Verfügbarkeit des Werknotfallstabs innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigte.

2.8 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr erhöhte sich der Personalbestand des KKG auf 614 Personen (ohne Lernende, Vorjahr: 598 Personen), die 587 Vollzeitstellen besetzen. Das KKG stellt hiermit die erforderlichen Ressourcen für den Langzeitbetrieb zur Verfügung und ermöglicht den Wissenstransfer von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die bald in Pension gehen,

auf neue Angestellte. Das KKG baute den Bestand an zulassungspflichtigem Personal zur Sicherstellung des Langzeitbetriebs weiter aus.

Das KKG führte im Berichtsjahr verschiedene Massnahmen zur Weiterentwicklung der Sicherheitskultur fort. Dabei wurden die eingeführten Praktiken in der gesamten Organisation weiter etabliert. Das KKG bietet in regelmässigen Zyklen Workshops zur Stärkung der menschlichen und organisatorischen Aspekte zur nuklearen Sicherheit an. Ein grosser Teil der Belegschaft nahm im Berichtsjahr an den Workshops teil.

Das KKG hat ein etabliertes Programm zur Vermeidung von Fremdmaterialeinträgen. Obwohl das KKG das Programm strukturiert eingeführt hat und die Vorgesetzten ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf das Risiko von Fremdmaterialeinträgen hinweisen, kam es im Jahr 2024 zu zwei Vorkommnissen. Im Rahmen der aufsichtlichen Kontrolle identifizierte das ENSI bei einer Inspektion zum Thema Fremdmaterialeintrag einen Verbesserungsbedarf.

Managementsystem

Das Managementsystem des KKG besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm SN EN ISO 9001:2015.

Das KKG passte aufgrund der Vielzahl an Modernisierungsprojekten die Organisationsstruktur an. Die organisatorischen Anpassungen führten zu Änderungen im Kraftwerkreglement. Das ENSI genehmigte das angepasste Kraftwerkreglement.

Das ENSI führte eine Schwerpunktinspektion zum Managementsystem durch mit dem Thema «Organisatorische Aspekte der Ersatzbeschaffung neuer Kältemaschinen». Das KKG legte dem ENSI im Rahmen der Inspektion dar, dass es über einen Prozess zur Berücksichtigung von Änderungen des Regelwerks verfügt und sich verändernde Rahmenbedingungen vorausschauend einbezieht. Damit erfüllt der entsprechende Prozess des Managementsystems die Vorgaben der Richtlinie ENSI-G7 (Organisation von Kernanlagen).

Zulassungspflichtiges Personal

Im Berichtsjahr legten eine Schichtchefin, zwei Schichtchefs und sechs Reaktoroperateure ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfung besteht aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidatinnen und Kandidaten detaillierte Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator und besteht aus einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse in simulierten Normal- und Störfallsituationen. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI führte eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2023 und zur Planung des Ausbildungsprogramms 2024 der Abteilung Betrieb durch. Gegenstand der Inspektion waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator und die allgemeine Wiederholungsschulung. Die Ausbildungsprogramme des KKG in den inspeziierten Bereichen waren konform mit der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) und erfüllten die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B10 (Ausbildung, Wiederholungsschulung und Weiterbildung von Personal).

2.9 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2024 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 Sicherheitsbewertungsmatrix zu den nachfolgenden zusammenfassenden Beurteilungen.

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen rich-

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

Sicherheitsbewertung 2024 KKG: Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Bewertungen bezüglich Transporten zu und von den Kernkraftwerken werden im Text behandelt, aber für die anlagenspezifische Gesamtbewertung nicht berücksichtigt.

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

Sicherheitsbewertung 2024 KKG: Schutzziel-Perspektive

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

ten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts. Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

Auslegungsvorgaben

Da keine Bewertungen der Kategorie A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als hoch.

Betriebsvorgaben

Da keine Bewertungen der Kategorie A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich der Betriebsvorgaben als hoch.

Zustand und Verhalten der Anlage

Das ENSI beurteilt die in Unterkapitel 2.2 aufgeführten Abweichungen im Bereich des Zustands und Verhaltens der Anlage als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Be-

wertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES liegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Das ENSI beurteilt die in Unterkapitel 2.2 beschriebene Abweichung im Bereich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Bewertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES liegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als gut.

3



3. Kernkraftwerk Leibstadt

3.1 Überblick

Das ENSI beurteilt die Sicherheit bezüglich der unten aufgeführten Bewertungsgegenstände für das Berichtsjahr wie folgt:

Sicherheitsbewertung 2024	KKL
Auslegungsvorgaben	Hoch
Betriebsvorgaben	Hoch
Zustand und Verhalten der Anlage	Gut
Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation	Gut

Das Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) befand sich im Leistungsbetrieb abgesehen von der Jahreshauptrevision, einem kurzen Unterbruch aufgrund einer Turbinenabschaltung im Juni und einer Lastabsenkung für eine Reparatur im Sekundärteil der Anlage. Das ENSI stellt fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten wurden. Die Jahreshauptrevision begann planmässig am 29. April mit der Trennung des Generators vom Netz und endete am 31. Mai 2024 mit der erneuten Netzsynchrisation. Es zeigten sich keine Befunde, die einem sicheren Betrieb entgegengestanden hätten.

Alle Vorkommnisse auf der INES-Stufe 0

Im Berichtsjahr kam es zu neun meldepflichtigen Vorkommnissen mit Bezug zur nuklearen Sicherheit. Das ENSI ordnete alle der Stufe 0 auf der internationalen Ereignisskala INES zu.

Das ENSI führte 126 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

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 waren verglichen mit der mittleren natürlichen jährlichen Strahlenexposition in der Schweiz unbedeutend.

Das Kernkraftwerk Leibstadt ist eine Siedewasserreaktor-Anlage, die ihren kommerziellen Betrieb im Jahr 1984 aufnahm. Die elektrische Brutto-Nennleistung beträgt 1285 MW. Weitere Daten sind in den Tabellen 1 und 2 des Anhangs zu finden. Die Figur 5b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage.

Die Menge radioaktiver Rohabfälle entsprach dem aufgrund der durchgeführten Arbeiten zu erwartenden Umfang. Im Berichtsjahr bestanden sieben Reaktoroperateure, eine Schichtchefin und fünf Schichtchefs ihre Zulassungsprüfung.

3.2 Betriebsgeschehen

Das KKL verzeichnete im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 89,2% und eine Zeitverfügbarkeit von 91,1%. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind im Anhang in Figur 1 dargestellt. Die zeitliche Nichtverfügbarkeit der Anlage ist auf die Jahreshauptrevision und einen kurzen Unterbruch im Juni zurückzuführen.

Meldepflichtige Vorkommnisse

Im Berichtsjahr kam es zu neun meldepflichtigen Vorkommnissen mit Bezug zur nuklearen Sicherheit. Das ENSI ordnete alle der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zu.

Nichterfüllen der Spezifikation eines Abfallgebindes

■ Am 9. Februar 2024 überfüllte das KKL beim Verfestigen radioaktiver Rückstände in der Zementierbox ein Abfallgebinde. Nachdem das überschüssige Material aus dem Gebinde entfernt worden war, stellte das Personal bei der Gewichtsbilanzierung fest, dass die Zementmenge gemäss der geltenden Spezifikation unterschritten war.

Kernkraftwerk
Leibstadt.
Foto: ENSI

Das Gebinde wurde anschliessend gemäss den Vorgaben weiterverarbeitet und ins werkeigene Zwischenlager überführt. Für das betroffene Abfallgebäude wurden die Transport-, Zwischenlager- und Endlagerfähigkeit anschliessend erneut geprüft und bestätigt. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das Nichterfüllen der Spezifikation eines Abfallgebäudes der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und für das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».

Störungsbedingtes Schliessen eines Treibdampfregelventils

■ Am 10. April 2024 fiel während des Volllastbetriebs ein Dampfstrahlsauger-Rekombinator-Strang der Abgasanlage aus. Dies liess den Kondensatordruck ansteigen und löste auslegungsgemäss eine Reduktion des Kerndurchsatzes auf 55% aus. Durch die Umschaltung auf den redundanten Strang konnte das KKL die Anlage bei zirka 72% Reaktorleistung stabilisieren. Als Ursache für den Ausfall des Dampfstrahlsauger-Rekombinator-Strangs ermittelte das KKL ein fehlerhaftes pneumatisches Verzögerungsrelais in der Ansteuerung des zugehörigen Treibdampfregelventils. Nach Behebung der Ursache konnte das KKL die Anlageleistung wieder erhöhen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das störungsbedingte Schliessen eines Treibdampfregelventils der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

Fehler im Schalterversagerschutz

■ Während des Abfahrens zur Jahreshauptrevision kam es am 29. April 2024 bei der Trennung des Generators vom Netz wegen des Öffnens des Blockleistungsschalters zu einer unerwarteten Trennung der Anlage

vom 380-kV-Netz. Dies führte auslegungsgemäss zu einer automatischen Umschaltung auf das externe Reservestromnetz. Damit verbunden startete der Notstromdiesel einer Division, die nicht über das externe Reservestromnetz versorgt wird. Die Trennung vom Hauptnetz führte unter anderem zum Abfall des Frischdampfdrucks im Reaktordruckbehälter und schliesslich zu einer Reaktorschnellabschaltung. Der Druckabfall im Reaktordruckbehälter hatte zudem Auswirkungen auf die Frischdampfleitung und löste eine Frischdampfisolierung aus. Entsprechend den Betriebsvorschriften hielt das Personal die Anlage mit Handmassnahmen auf der Sicherheitsebene 2. Das Personal regte manuell die Öffnung zweier Sicherheits- und Entlastungsventile an, startete – ebenfalls manuell – ein Einspeisesystem und gab die Wärme mithilfe des Nachwärmeabfuhrsystems an die Umwelt ab. Der Reaktor wurde stabilisiert und abgeschaltet. Die Reserveschutzmassnahme «Generator-Schalterversagerschutz» löste richtigerweise den Blockleistungsschalter aus. Der Generatorschalter öffnete sich innerhalb der vorgeschriebenen Zeit, aber die erlaubte Zeit zum Erhalt der Rückmeldung der Generatorschalterposition «offen», die dem Generatorschutz dient, wurde überschritten. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Fehler im Schalterversagerschutz und das Anlagenrisiko aufgrund des Verlusts der externen Stromversorgung jeweils der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekte des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Bruch einer katalytischen Sonderschraube

■ Am 4. Mai 2024, während der Jahreshauptrevision, fand das Betriebspersonal bei der Durchführung von geplanten Arbeiten zur Kontrolle und zum Austausch der katalytischen Sonderschrauben in den Abblaseleitungen der Sicherheits- und Entlastungsventile eine Sonderschraube mit



Arbeiten an einer Turbine des Systems zur Nachwärmeabfuhr.
Foto: KKL

abgebrochenem Lamellenbereich. Das katalytische Ende der Schraube brach ab, als die Schraube infolge der Reaktorschnellabschaltung während des Abfahrens der Anlage zur Jahreshauptrevision beim Abblasen über die Sicherheits- und Entlastungsventile den Frischdampfbedingungen in der zugehörigen Abblaseleitung direkt ausgesetzt war.

Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Bruch der katalytischen Sonderschraube der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Nichterfüllen der Spezifikation eines Abfallgebindes

■ Beim Verfestigen radioaktiver Rückstände in der Zementierbox überfüllte das Personal am 5. Juni 2024 wiederum ein Abfallgebinde. Nachdem das KKL das überschüssige Material aus dem Gebinde entfernt hatte, stellte es bei der Gewichtsbilanzierung fest, dass die Zementmenge gemäss der geltenden Spezifikation unterschritten wurde. Das Gebinde wurde anschliessend gemäss den Vorgaben weiterverarbeitet und ins werkrückene Zwischenlager überführt. Im Gegensatz zum Vorkommnis vom 9. Februar 2024 war das abgefüllte und teilweise in die Zementierbox übergelaufene Mate-

rial dünnflüssig. Mit hoher Wahrscheinlichkeit gelangte beim Befüllen infolge eines Spülprozesses zusätzliches Wasser in das Gebinde. Für das betroffene Abfallgebinde wurden die Transport-, Zwischenlager- und Endlagerfähigkeit anschliessend erneut geprüft und bestätigt. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das Nichterfüllen der Spezifikation des Abfallgebindes der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und für das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».

Fehlerhaftes dynamisches Verhalten einer Prüflöge

■ Am 14. Juni 2024 kam es während der Prüfung der Heizdampfventile der Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer zu einer Turbinenschnellabschaltung mit Öffnen des Turbinenbypasses. Die Anlage reagierte auslegungsgemäss: Die Reaktorleistung wurde mit den entsprechenden Begrenzungsfunktionen auf 55% reduziert. Das Betriebspersonal reduzierte die Reaktorleistung anschliessend gemäss Betriebsvorschrift auf 25% und hielt diese später bei 20 bis 25%. Als Ursache für die Auslösung der Turbinenschnellabschaltung ermittelte das KKL ein fehlerhaftes dynamisches Verhalten der Prüflöge der Heizdampfregelventile des Wasserabscheider-Zwischenüberhitzers.

Nach Eingrenzung der Ursache konnte die Turbine am 15. Juni 2024 wieder angestossen werden. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das fehlerhafte dynamische Verhalten der Prüflogik der Heizdampfregelventile der Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Zu hohe Ortsdosisleistung ausserhalb der kontrollierten Zone

■ Am 4. Juli 2024 stellte das Personal eine erhöhte Ortsdosisleistung in der Nähe der Aussenseite einer Fluchttür, die vom Maschinenhaus zum Betriebsgebäude führt, fest. Die gemessene Ortsdosisleistung überstieg den Richtwert für einen Bereich ausserhalb der kontrollierten Zone gemäss Anhang 2 der Verordnung des Eidgenössischen Departements des Innern über den Umgang mit radioaktivem Material. Das Personal richtete im Bereich vor der Tür eine kontrollierte Zone des Typs 0 ein. Die Überprüfung weiterer Türen ergab keine Auffälligkeiten. Das KKL geht davon aus, dass die erhöhte Ortsdosisleistung an der Aussenseite der Fluchttür auf die höhere Ortsdosisleistung im Maschinenhaus zurückzuführen ist. Dies wiederum bringt das KKL aktuell mit einer Veränderung der Wasserstoff-Konzentration im Reaktorwasser in Verbindung. Das KKL schliesst aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse eine Strahlenexposition einer Person über die gesetzlichen Dosisjahresgrenzwerte hinaus aus. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die zu hohe Ortsdosisleistung ausserhalb der kontrollierten Zone der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie für das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition», insbesondere für die Einhaltung der gesetzlichen Grenz- und Richtwerte.

Einsatz von externem Personal in der kontrollierten Zone ohne Bewilligung

■ Das KKL setzte in den Jahren 2021 bis 2023 einen Mitarbeiter einer externen Firma als beruflich strahlenexponierte Person der Kategorie A in der kontrollierten Zone ein. Das KKL führte nachträglich eine Überprüfung durch, die ergab, dass für die besagte Firma keine gültige Bewilligung des Bundesamts für Gesundheit für eine Personalvermittlung in Kontroll- und Überwachungsbereichen vorlag. Das ENSI schliesst eine Überschreitung des Dosisgrenzwerts für Personen aus der Bevölkerung gemäss Artikel 22 der Strahlenschutzverordnung für den betroffenen externen Mitarbeiter aus. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Einsatz von externem Personal in der kontrollierten Zone ohne Bewilligung des Bundesamts für Gesundheit der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und für das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition», insbesondere für die Strahlenschutzplanung und Schutzmassnahmen.

Abweichung beim beladespezifischen Abschirmnachweis für Behälter

■ Die Axpo stellte bei der Überprüfung und Erweiterung der Brennstoffdatenblätter abgebrannter Brennelemente des KKL einen Fehler bei den Werten von aktivierten Komponenten für Brennelemente des Typs Optima 2 fest. Diese Werte werden für die Berechnung der Äquivalenzdosisleistungen aller Behälterbeladungen verwendet. Anstelle spezifischer Werte wurden Referenzwerte aus dem Sicherheitsbericht eines Behältertyps verwendet. Dies ergab einen zu niedrigen Wert für die Äquivalenzdosisleistungen. Das KKL meldete das Vorkommnis am 9. Oktober 2024. Die Transportfähigkeit des Behälters war nicht beeinträchtigt. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Abweichung beim beladespezifischen Abschirmnachweis für das betroffene Behäl-



Arbeiten auf der Wechselmaschine.
Foto: KKL

terexemplar der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheits-ebene 1 und für das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition».

Die Anzahl an Vorkommnissen lag im Berichtsjahr bei neun. Zur im Vergleich zu den letzten Berichtsjahren hohen Anzahl an meldepflichtigen Vorkommnissen trugen unter anderen die beiden Vorkommnisse beim Verfüllen von Abfallgebinden im Rahmen der Verfestigung radioaktiver Rückstände in der Zementierbox bei. Das KKL hat eine Analyse der Vorkommnisse durchgeführt und daraus Optimierungen für den Betrieb der Verfestigungsanlage abgeleitet. Im Juli hat das Werk darüber hinaus ein Projekt zur Modernisierung der Verfestigungssteuerung initiiert. Unter den optimierten Prozessbedingungen hat das KKL ohne weitere Auffälligkeiten 91 spezifikationskonforme Abfallgebinde hergestellt.

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

3.3 Inspektionen

Neben den durch das Basisprogramm vorgegebenen Inspektionen finden jährlich diverse weitere Inspektionen im KKL statt: je nach Ziel angekündigt oder unangekündigt.

Den bisherigen Erfahrungen entsprechend bewertete das ENSI auch im Berichtsjahr die weit überwiegende Anzahl der Bewertungsgegenstände mit Normalität, einige mit Verbesserungsbedarf. Bei einer im Berichtsjahr durchgeführten Inspektion vergab das ENSI aufgrund festgestellter Differenzen zwischen Soll- und Istzustand die Bewertung A (Abweichung).

Strahlenschutz/Zugang während der Jahreshauptrevision

Die Inspektion vom 9. Mai 2024 hatte zum Ziel, den operationellen Strahlenschutz, den radiologischen Anlagenzustand sowie die Anwesenheit und Qualifikation des Strahlenschutzpersonals während der Jahreshauptrevision auf einem Anlagenrundgang zu überprüfen. Die Betriebswache des KKL gewährte dem ENSI in einem ersten Schritt zunächst nicht umgehend Zutritt auf das Areal mit Verweis auf die internen Prozesse und mit der Begründung, dass ein Strahlenschutz-Sachverständiger des KKL das ENSI zu begleiten hätte. Mit derselben Begründung gewährte ein Mitarbeiter des Strahlenschutzes später in einem zweiten Schritt dem ENSI den Zutritt in die kontrollierte Zone nicht umgehend. Das ENSI brach die Inspektion ab und führte stattdessen eine reaktive Inspektion mit dem Thema «Zutrittsmodalität bei Inspektionen des ENSI» durch. Der zeitnahe Zutritt des ENSI wurde bereits im Jahr 2023 mit Abweichung be-

wertet. Die vom KKL daraufhin ergriffenen Massnahmen haben sich bei der Inspektion vom 9. Mai 2024 als unwirksam erwiesen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den nicht umgehend gewährten Zugang der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit sicherheitsebenen- und schutzzielübergreifender Bedeutung.

3.4 Anlagentechnik

3.4.1 Revisionsarbeiten

Die Jahreshauptrevision dauerte vom 29. April bis zum 31. Mai 2024. Bestimmend für die Länge der Revision waren unter anderem die durchgeführten Arbeiten in den Divisionen 11, 31 sowie 51 und 61. Parallel dazu führte das KKL Instandhaltungsarbeiten und Inspektionen an mechanischen und elektrischen Einrichtungen sowie an Bauwerken, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen sowie wiederkehrende Funktionsprüfungen und Begehungen an Systemen durch. Die ursprünglich für die Jahreshauptrevision 2023 vorgesehene Reparatur an der Steigleitung der Jetpumpen 9 und 10 schloss das KKL im Berichtsjahr erfolgreich ab.

Erwähnt seien ferner folgende Arbeiten und Prüfergebnisse:

- Die indirekte visuelle Inspektion der Bodenkalotte des Reaktordruckbehälters, die mechanisierte Ultraschallprüfung an ferritischen sowie austenitischen Rohrleitungsschweissnähten und die mechanisierten Ultraschallprüfungen an Stützenmisch- und Anschlussnähten waren frei von Befunden.

- Bekannte Befunde, zum Beispiel im Bereich des Umwälzsystems, konnte das KKL anhand einer mechanisierten Ultraschallprüfung an der Umwälzschleife bestätigen. Die visuellen Inspektionen an der Steigleitung der Jetpumpen 9 und 10 wiederholte das KKL vor der geplanten Reparatur. Im Bereich der Schweissnähte wurden weitere Anzeigen festgestellt, die keinen Einfluss auf die Reparatur hatten.

- Das KKL führte Kalibrierungen an den Divisionen 11, 31 und 61 durch.

- Das KKL nahm Messungen an den zentralen Erdungspunkten der Divisionen 10, 20, 11, 21, 31, 51 und 61 vor.

- Es erfolgte ein Inselbetriebstest mit dem Wasserkraftwerk Klingnau auf der 6.6-kV- (mit Last) und auf der 50-kV-Spannungsebene (ohne Last).

3.4.2 Anlageänderungen

Folgende Anlageänderungen seien erwähnt:

- Das KKL realisierte den zweiten Teil der Anpassungen an der Füllstandsmessung des Reaktordruckbehälters.

- Der Ersatz der Rosemount-Transmitter wurde fortgesetzt.

- Das KKL ersetzte mehrere Batterien in den Divisionen 11, 21 und 31. In den Divisionen 31, 51, und 61 wurden Wechselrichter ersetzt.

- Das KKL modernisiert die Sicherheitsleittechnik der Notstromdiesel und des Notkühlwassersystems der Sicherheitsdivisionen 11, 21 und 31. Im Rahmen dieses Projekts hat das Werk im Berichtsjahr die Ausrüstungen der Division 11 ersetzt.

3.4.3 Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente

Der Reaktor wurde im Berichtsjahr bis zur Abstellung für die Jahreshauptrevision Ende April planmässig betrieben. Es traten keine Defekte an Brennelementen auf. Die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe war somit jederzeit gegeben.

Für den laufenden Betriebszyklus wurden 124 frische Brennelemente nachgeladen. Davon stammen 92 von Framatome und 32 von Westinghouse Electric Sweden AB.

Wie bereits in den Jahren zuvor führte das KKL auch während der Jahreshauptrevision 2024 Inspektionen an Brennelementen durch. Das Erscheinungsbild und die Messergebnisse aller Brennelemente bestätigten das auslegungsgemässe Verhalten. Sie können weiterhin im Reaktor eingesetzt werden.

Die permanenten Analysen der Wasserchemie zeigten die Integrität der Steuerstäbe auf. Aufgrund seines Abbrandes wurde



Kommandoraum.
Foto: KKL

ein Steuerstab vorsorglich gegen einen bereits früher eingesetzten Steuerstab ausgetauscht. Die Vorausberechnung der maximal zulässigen Abbrandgrenzwerte für alle eingesetzten Steuerstäbe zeigen, dass diese bis zum Ende des 41. Betriebszyklus eingehalten werden.

Das KKL betrieb den Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnung überein. Das KKL hielt die Betriebsgrenzen ein.

3.5 Strahlenschutz

Die Jahreshauptrevision 2024 wurde aus Sicht des Strahlenschutzes erfolgreich durchgeführt. Sie führte zu einer Kollektivdosis von 928 Pers.-mSv und zu einer maximalen Individualdosis von 6,9 mSv. Für das gesamte Jahr ergibt sich eine Kollektivdosis von 1184 Pers.-mSv und eine maximale Individualdosis von 7,3 mSv.

Im Berichtsjahr setzte sich im KKL – wie erwartet – die Rekontamination von Systemen nach den umfangreichen Systemdekontaminationen während der Jahreshauptrevision im Jahr 2021 fort. Daraus resultierte ein moderater Anstieg der Ortsdosisleistungen im Bereich der Umwälzschleifen.

Das KKL adressierte die Erkenntnisse aus zwei Vorkommnissen mit Bedeutung für den Strahlenschutz angemessen. Beim ers-

ten Vorkommnis stellte das KKL eine zu hohe Dosisleistung ausserhalb des Kontroll- und Überwachungsbereichs fest. Das zweite Vorkommnis betraf den Einsatz von externem Personal in der kontrollierten Zone ohne Bewilligung des Bundesamts für Gesundheit. Das ENSI schliesst eine Überschreitung der gesetzlichen Dosisjahresgrenzwerte aus. Die Inspektionen des ENSI bestätigten, dass das KKL in allen Betriebsphasen einen zielführenden Strahlenschutz betrieb.

Abgaben über die Abluft und das Abwasser

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Abgabelimiten. Die gleiche Aussage gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser ohne Tritium. Die Tritiumabgaben des KKL betrugen rund 2% der Jahresabgabelimiten. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern durch. Sie stimmten mit den vom KKL gemeldeten Analyseergebnissen überein. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnete das ENSI die potenzielle Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKL unter ungünstigen Annahmen. Die potenziellen Jahresdosen betrugen rund 0,002 mSv für Erwachsene und Zehnjährige sowie

0,004 mSv für Kleinkinder und lagen damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv pro Jahr gemäss der Richtlinie ENSI-G15 (Strahlenschutzziele für Kernanlagen).

Die Dosisleistungsmesssonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werks 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 Kraftwerkareals angebracht sind, zeigten mit einem Höchstwert von 0,02 mSv pro Woche einen vergleichbaren Wert wie im Vorjahr. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen der Dosisleistung an der Umzäunung des KKL durch, die ebenfalls keine signifikanten Veränderungen zeigten. Die Messungen des Betreibers und des ENSI bestätigten die Einhaltung der nach Artikel 79 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerkareals von 0,02 mSv pro Woche für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 0,1 mSv pro Woche für andere Bereiche.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des KKL wird auf den Strahlenschutzbericht 2024 des ENSI verwiesen.

3.6 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKL regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstungsmassnahmen und von den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Im Berichtsjahr fielen 53 m³ radioaktive Rohabfälle an (siehe Tabelle 6). Die Menge entsprach den Erwartungen aufgrund der durchgeführten Arbeiten. Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Das

KKL bewahrt die unkonditionierten Abfälle in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone auf. Ihr Bestand liegt mit 3 m³ im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brennbare und weitere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in den Anlagen der Zwiilag in Würenlingen bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren für die Betriebsabfälle kommt im KKL hauptsächlich die Zementierung von Harzen und Konzentraten zum Einsatz. Für alle angewandten Verfahren liegen die behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden 148 Gebinde konditioniert.

30 Gebinde an die Zwiilag geliefert

Die konditionierten Abfallgebände werden im werkeigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKL nutzt zudem die Kapazitäten des Zentralen Zwischenlagers der Zwiilag. Im Berichtsjahr wurden 30 konditionierte Gebinde an die Zwiilag geliefert. Bei der jährlichen Inspektion des Lagerguts im KKL zeigten sich keine meldepflichtigen Befunde. Die radioaktiven Abfälle des KKL sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Wichtig bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Befreiung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKL wurden im Berichtsjahr insgesamt 30,3 t Material befreit.

Bestrahlte Brennelemente werden nach einigen Jahren Lagerung im werkeigenen Brennelementbecken in Transport- und Lagerbehälter verpackt und in das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag zur Trockenlagerung überführt. Im Berichtsjahr fanden zwei Transporte mit insgesamt 138 Brennelementen statt. Weitere Angaben zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente finden sich in Kapitel 8.

3.7 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des KKL ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des

Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen sowie entsprechenden Vorkehrungen hat das Werk die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Werknotfallübung vom März

Das ENSI beobachtete und beurteilte die Notfallorganisation des KKL im März 2024 im Rahmen der Werknotfallübung EMBERS mit Schwerpunkt Feuerwehreinsatz.

Ausgangslage war ein Anlagezustand im Volllastbetrieb. Unvorsichtige Jugendliche lösten unterhalb des Nebenkühlwasser-einlaufs ein Feuer im trockenen Unterholz aus. Das Feuer breitete sich schnell über den Baumbestand im Areal West aus. Innerhalb kurzer Zeit entwickelte sich ein grossflächiger Brand rund um das Nebenkühlwassergebäude am Westhang. Die aufgebotene Betriebsfeuerwehr konnte aufgrund der Nähe des Brandes nicht durch die Schleuse beim Nebenkühlwassergebäude ins Gelände fahren. Infolge einer Fehlfunktion der Fahrzeugschleuse beim Hauptzugang konnten die Fahrzeuge der Betriebsfeuerwehr das Areal auch nicht verlassen, um den Brand von Westen her zu bekämpfen. Das KKL musste zur Unterstützung externe Feuerwehren anfordern. Der Kommandoraum musste wegen der starken Rauchentwicklung auf Umluft umgestellt werden. Da sich der Umluftbetrieb des Kommandoraums wegen eines verbogenen Gestänges nicht einstellen liess, füllte sich der Raum supponiert mit Rauch. Die Übungsschicht arbeitete mit Atemschutzmasken weiter und dislozierte anschliessend in die Notsteuerstellen. Die Feuerwehr barg mehrere verletzte Personen und übergab sie der Sanität zur Betreuung. Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kommt das ENSI zum Schluss, dass die Notfallorganisation des KKL die vorgegebenen Übungsziele für Werknotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 (Notfallübungen) erreicht hat. Das KKL verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.



Robortereinsatz.
Foto: KKL

Eine Inspektion im September 2024 zeigte, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren.

Ferner löste das ENSI im November ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKL aus, der die Verfügbarkeit des Werknotfallstabs innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigte.

3.8 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr erhöhte sich der Personalbestand des KKL auf 538 Personen (ohne Lernende, Vorjahr: 502 Personen), die 526 Vollzeitstellen besetzten. Der Personalaufbau ist im Hinblick auf den Langzeitbetrieb strategisch und langfristig angesetzt.

Nach Abschluss des Projekts zur Sicherheitskultur führte das KKL viele der Massnahmen weiter. Darüber hinaus initiierte das Werk neue Massnahmen mit dem Ziel, die Sicherheitskultur weiterhin zu fördern. Das KKL führte im Berichtsjahr eine Mitarbeiterumfrage zur Bewertung der eigenen Sicherheitskultur durch.

Das KKL hatte im Berichtsjahr neun meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Fünf Vorkommnissen lagen unter anderem Faktoren im Bereich «Mensch und Organisation» zugrunde. Als lernende Organisation zieht das KKL aus der Vorkommnisbearbeitung wichtige Erkenntnisse – wie beispielsweise die Notwendigkeit der ganzheitlichen Systembetrachtung bei Fehleranalysen oder das Leben einer offenen Fehlerkultur.

Managementsystem

Das Managementsystem des KKL besitzt eine bis zum 1. Juli 2025 gültige Zertifizierung gemäss der Norm SN EN ISO 9001:2015. Im KKL läuft ein Programm, das zum Ziel hat, die Prozesse des Managementsystems zu optimieren. Das KKL versteht das Programm als Teil der täglichen Arbeit und der kontinuierlichen Verbesserung. Es ist integraler Bestandteil des Managementsystems und als solches in der strategischen Führung und den Standards verankert sowie Teil der eigenen Sicherheitskultur.

Das ENSI führte eine Schwerpunktspektion zum Managementsystem durch mit dem Thema «Organisatorische Aspekte der Ersatzbeschaffung neuer Kältemaschinen». Das KKL legte dem ENSI im Rahmen der Inspektion dar, dass es über einen Prozess zur Berücksichtigung von Änderungen des Regelwerks verfügt und sich verändernde Rahmenbedingungen vorausschauend einbezieht. Damit erfüllt der entsprechende Prozess des Managementsystems die Vorgaben der Richtlinie ENSI-G7 (Organisation von Kernanlagen).

Zulassungspflichtiges Personal

Im Berichtsjahr bestanden sieben Reaktoroperateure, eine Schichtchefin und fünf Schichtchefs ihre Zulassungsprüfungen. Sechs der zehn Reaktoroperateure schlossen auch die Ausbildung zum Techniker HF, Fachrichtung Grossanlagenbetrieb mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidatinnen und Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator und besteht aus einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse in Normal- und Störfallsituationen. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2023 und zur Planung des Aus-

bildungsprogramms 2024 der Abteilung Betrieb durch. Gegenstand der Inspektion waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator und die allgemeine Wiederholungsschulung. Die Ausbildungsprogramme des KKL in den inspizierten Bereichen waren konform mit der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) und erfüllten die Anforderungen der Richtlinie ENSI-B10 (Ausbildung, Wiederholungsschulung und Weiterbildung von Personal).

3.9 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Das KKL reichte dem ENSI die Dokumente für die Periodische Sicherheitsüberprüfung einschliesslich eines Sicherheitsnachweises für den Langzeitbetrieb fristgerecht per Ende 2022 ein. Das ENSI unterzog die eingereichte Dokumentation im Jahr 2023 einer Grobprüfung und teilte dem KKL das Ergebnis der Grobprüfung mit insgesamt 19 Nachforderungen mit. Die Nachforderungen betrafen unter anderem die Auslegung und Qualifikation der mechanisch aktiven Komponenten sowie den Brandschutz. Das KKL erfüllte im Berichtsjahr alle Nachforderungen. Das ENSI arbeitet an der Detailprüfung.

3.10 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2024 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 Sicherheitsbewertungsmatrix zu den nachfolgenden zusammenfassenden Beurteilungen.

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen richteten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts.

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

Sicherheitsbewertung 2024 KKL: Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Bewertungen bezüglich Transporten zu und von den Kernkraftwerken werden im Text behandelt, aber für die anlagenspezifische Gesamtbewertung nicht berücksichtigt.

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

Sicherheitsbewertung 2024 KKL: Schutzziel-Perspektive

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

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

Auslegungsvorgaben

Da keine Bewertungen der Kategorie A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als hoch.

Betriebsvorgaben

Da keine Bewertungen der Kategorie A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich der Betriebsvorgaben als hoch.

Zustand und Verhalten der Anlage

Das ENSI beurteilt die in Unterkapitel 3.2 aufgeführten Abweichungen im Bereich des Zustands und Verhaltens der Anlage als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Bewertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES liegen,

bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Das ENSI beurteilt die in den Unterkapiteln 3.2 und 3.3 beschriebenen Abweichungen im Bereich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Bewertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES liegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als gut.

4



4. Kernkraftwerk Mühleberg

4.1 Überblick

Im Jahr 2020 wurde im Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) die Etablierung des sicheren technischen Nachbetriebs abgeschlossen. Am 15. September 2020 löste die Stilllegungsverfügung des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK die Betriebsbewilligung ab. Seitdem gilt das KKM als endgültig ausser Betrieb genommen. In den Jahren 2022 und 2023, während der Stilllegungsphase 1, wurden die restlichen Brennelemente in das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen transportiert. Nachdem das ENSI den Abschluss der Stilllegungsphase 1, die Kernbrennstofffreiheit und die Erfüllung der Auflagen geprüft hatte, bestätigte es am 6. September 2023 den Übergang in die Stilllegungsphase 2. Die Stilllegungsphase 2 wird gemäss Planung des KKM bis 2031 dauern. Im Zentrum der Aufsicht des ENSI steht weiterhin die Sicherstellung der Einhaltung der verbleibenden Schutzziele: «Einschluss radioaktiver Stoffe» und «Begrenzung der Strahlenexposition».

Ein Vorkommnis auf der INES-Stufe 0

Im Berichtsjahr kam es zu einem meldepflichtigen Vorkommnis. Das ENSI ordnete das Vorkommnis der Stufe 0 auf der internationalen Ereignisskala INES zu. Das ENSI führte im Berichtsjahr im Rahmen seiner Aufsicht 73 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmassnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Die für beruflich strahlenexponierte Personen geltenden Dosisgrenzwerte wurden eingehalten.

Die radioaktiven Abgaben lagen deutlich unterhalb der in der Stilllegungsverfügung festgelegten Limiten.

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

Das Kernkraftwerk Mühleberg war eine Siedewasserreaktor-Anlage mit 373 MW elektrischer Nettoleistung und von 1972 bis 2019 in Betrieb. Figur 5b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage.

4.2 Vorkommnisse

Störung in der Kaminfortluftüberwachung

■ Am 30. September 2024 fiel der Seitenkanalverdichter in der Kaminüberwachung wegen eines mechanischen Defekts des zugehörigen Flügelradgebers aus. Das führte dazu, dass beide Aerosolmessstellen nicht mehr zur Verfügung standen. Nach dem Austausch der defekten Teile arbeiteten die Aerosolmonitore wieder ordnungsgemäss. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Störung in der Kaminfortluftüberwachung der Kategorie A (Abweichung) der ENSI Sicherheitsbewertungsskala zu – 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».

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

4.3 Anlageänderungen

Das KKM führte im Berichtsjahr mehrere Anlageänderungen durch. Für diese Arbeiten setzt es vielfach externe Dienstleister ein. Darüber hinaus wurden dem ENSI zahlreiche Ausserbetriebnahmen und Demontagen von Systemen, Strukturen und Komponenten in den unterschiedlichen Bereichen der Anlage gemeldet. Das ENSI hat sie offensichtlich begleitet:

**Kernkraftwerk
Mühleberg.
Foto: ENSI**



**Blick in den Kranschacht im Reaktor-
gebäude.
Foto: BKW**

■ Beauftragte Dienstleister nahmen die Zerlegung der Kerneinbauten im Reaktor-
gebäude auf der Ebene +29m nach dem
geplanten Unterbruch zu Beginn des Be-
richtsjahrs wieder auf. Der Dampftrockner,
der Wasserabscheider sowie das Kerngitter
wurden vom Reaktordruckbehälter ins Ein-
bautenbecken transferiert. Nach dem Set-
zen des Dichtschotts im Einbautenbecken
nahmen die beauftragten Dienstleister die
Zerlegearbeiten im Einbautenbecken auf.
Parallel dazu installierte der Dienstleister
diverse Hilfseinrichtungen in der Reaktor-
grube und nahm sie in Betrieb. Das ENSI
begleitete die Inbetriebsetzungen mit In-
spektionen. Bis zum Jahresende wurden
der Wasserabscheider, der Speisewasser-
verteilerring und die Kernsprühleitungen
demontriert. Zudem wurde mit den Zerle-
gearbeiten des Kerngitters, des Kernman-
tels, der Steuerstabführungsrohre und der
Brennelement-Fussträger begonnen.

■ Ein weiterer Dienstleister zerlegte die
vorhandenen Brennelementkästen, Steuer-
stäbe und weitere Coreschrotte im Brenn-
element-Lagerbecken. Das ENSI hatte vor-
gängig die entsprechende Freigabe erteilt.

■ Im Drywell wurden Systeme und Kom-
ponenten wie beispielsweise die Speisewasser-,
Frischdampf- und Abblaseleitungen de-
montiert. Das ENSI hatte für die Demontage
von Systemen, Strukturen und Kompen-
ten vorgängig eine Freigabe erteilt.

■ Im Reaktorgebäude konnten die Zwi-
schenkühler samt Hilfskühlwassersystem,
die Systeme im Dampftunnel, der Kühler
des Torus-Kühlsystems sowie die Systeme
und Komponenten des Abfahr- und Torus-
Kühlsystems mit Ausnahme der Kühler de-
montiert werden.

■ Das ENSI erteilte die Konzeptfreigabe für
den Rückbau des Reaktordruckbehälters.

■ Die Demontage des zweiten Wasserab-
scheider-Zwischenüberhitzers sowie der
restlichen Systeme in der Kondensation
konnten abgeschlossen werden. Die De-
montage der Kondensatoren geschieht
fortlaufend.

■ Zur Etablierung des Verfahrens für die
Raumbefreiung wurde in einem Raum-
bereich des Betriebsgebäudes auf der Hö-
henkote 12.5m mit dem Freiräumen und
anschliessend mit der Dekontamination be-
gonnen. Das ENSI hatte eine Vorabkontrolle
der entsprechenden Meldungen durchge-
führt und begleitete die korrekte Umset-
zung im Rahmen der laufenden Aufsicht.

Die Gefahrstoffproblematik benötigt im
Hinblick auf die Arbeitssicherheit des Per-
sonals, neben der radiologischen Situation,
weiterhin eine erhöhte Aufmerksamkeit des
ENSI und der Suva.

Verbesserung des Brandschutzes

Es wurden zahlreiche betriebliche Anlage-
änderungen wie die Schaffung neuer Ein-



Reaktorgrube.
Foto: BKW

speisepunkte oder die Etablierung von Verbesserungsmassnahmen im Brandschutz und Explosionsschutz durchgeführt. Des Weiteren wurde das Zutrittskontrollsystem und der Peripherieschutz modernisiert und eine neue Abgabelleitung an die Aare vorbereitet. Zu den zahlreichen ausser Betrieb genommenen Systemen gehörten die Schleusen, die Aktivwäscherei-Infrastruktur sowie das Hilfs- und Zwischenkühlwassersystem. Zudem wurden die Kälteerzeugungsanlage, die SUSAN-gestützte Brennelementbecken-Kühlung und alle SUSAN-Dieselanlagen (spezielles unabhängiges System zur Abfuhr der Nachzerfallswärme) ausser Betrieb genommen sowie der äussere Torus entleert.

Das ENSI begleitete alle Anlageänderungen im Rahmen der Aufsicht, teilweise mit umfangreichen Freigabeverfahren. Zudem führte das ENSI eine Vorabkontrolle der Ausserbetriebnahme- und Demontagemeldungen durch und begleitete die Umsetzung mit Fachgesprächen und Inspektionen.

4.4 Strahlenschutz

Der Abtransport der Brennelemente und der Übergang in die Stilllegungsphase 2 im Jahr 2023 waren Voraussetzungen für den Rückbau weiterer Komponenten wie beispielsweise der Kühlwasserversorgung. Nach dem Abtransport der Brennelemente konnten im Berichtsjahr auch die Arbeiten

auf der Beckenflurebene zur Zerlegung der Kerneinbauten wieder aufgenommen werden. Anerkanntes Strahlenschutzpersonal begleitete diese Arbeiten.

Trotz der vielfältigen und komplexen Rückbauarbeiten konnte im KKM ein radiologisch sauberer Anlagenzustand aufrechterhalten werden. Es kam zu keinen unerwarteten Kontaminationen oder erhöhten Dosisleistungen. Davon konnte sich das ENSI an seinen Inspektionen überzeugen.

Insgesamt betrug die Kollektivdosis im Berichtsjahr 945 Pers. mSv bei einer maximalen Individualdosis von 13 mSv.

Für die Nassdekontaminationsanlage im Aufbereitungsgebäude forderte das ENSI im Februar 2022 Nachrüstungen im Zusammenhang mit dem Strahlenschutz. Die Nassdekontaminationsanlage wurde in den frühen 1990er Jahren in Betrieb genommen und für die Verwendung im Rückbau nachgerüstet. Das ENSI verfügte im Dezember 2022 den Stopp gewisser Arbeiten und verlangte für den Fall eines Weiterbetriebs einen Freigabeantrag nach Kernenergieverordnung. Dagegen legte die BKW im Januar 2023 Beschwerde beim Bundesverwaltungsgericht ein. Im Berichtsjahr wies das Bundesverwaltungsgericht die Beschwerde ab. Mit dem Urteil vom 9. August 2024 bestätigt das Bundesverwaltungsgericht die Aufsichtspraxis des ENSI. Insbesondere wird mit dem Urteil bestätigt, dass der radiologische Arbeitsschutz Bestandteil der nuklearen

Sicherheit ist und diesbezüglich auch im Rahmen der Stilllegung kernenergierechtliche Anforderungen einzuhalten sind.

Abgaben über die Abluft und das Abwasser

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen lagen deutlich unterhalb der in den Abgabereglementen festgelegten Abgabelimiten. Dies gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser ohne Tritium. Die Tritiumabgaben des KKM betrugen weniger als 3% der Jahresabgabelimite. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Aerosolfiltern durch. Sie stimmten mit den vom KKM gemeldeten Analyseergebnissen überein. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die potenzielle Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKM unter ungünstigen Annahmen. Die potenzielle Jahresdosis betrug rund 0,002 mSv für Erwachsene, Zehnjährige und Kleinkinder und lag damit deutlich unter dem quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr gemäss Richtlinie ENSI-G15 (Strahlenschutzziele für Kernanlagen).

Die Dosisleistungsmesssonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes in der Umgebung des Werks (MADUK) zeigten keine anlagenbedingten erhöhten Werte. Die mit der Stilllegung verbundenen Logistik-Vorgänge auf dem Areal können zu einer zulässigen, örtlichen und temporären Erhöhung der Ortsdosisleistung am Zaun führen. Die quartalsweise ausgewerteten Thermolumineszenz-Dosimeter, die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals angebracht sind, zeigten eine maximale, auf eine Woche gemittelte Erhöhung der Ortsdosis von 0,008 mSv pro Woche. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen der Dosisleistung am Zaun des Kraftwerkareals durch, die keine signifikanten Veränderungen zeigten. Die Messungen des Betreibers und des ENSI bestätigten die Einhaltung der nach Artikel 79 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenz-

werte für die Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerkareals von 0,02 mSv pro Woche für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 0,1 mSv pro Woche für andere Bereiche. Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des KKM wird auf den Strahlenschutzbericht 2024 des ENSI verwiesen.

4.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKM aus dem Rückbaubetrieb, den Rückbauaktivitäten und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien an. Im Berichtsjahr waren es 139 m³ (siehe Tabelle 6).

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Im KKM werden unkonditionierte Abfälle in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Brennbare und weitere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in den Anlagen der Zwi-lag in Würenlingen bereitgestellt und dorthin transportiert. Metallische kontaminierte Komponenten wurden zum Einschmelzen ins Ausland transportiert. Die dabei anfallenden radioaktiven Sekundärabfälle werden in die Schweiz zurückgeführt.

Konditionierung von Abfällen

Als Konditionierungsverfahren für die Rückbaubetriebs- und Stilllegungsabfälle kommt im KKM hauptsächlich die Zementierung zum Einsatz. Ferner werden Stilllegungsabfälle in Betoncontainern in die Anlagen der Zwi-lag transferiert zur späteren Zementierung in der Konditionierungsanlage. Die erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen liegen sowohl für die Betriebs- als auch für die Stilllegungsabfälle vor. Im Berichtsjahr wurden 48 Gebinde mit Filtern aus der Zerlegung der Kerneinbauten, sieben Gebinde mit Teilen der geschnittenen Brennelementkästen, 65 Gebinde mit Steuerstabsegmenten und 246 Gebinde mit Schnittgut aus der Zerlegung der Kerneinbauten konditioniert.

Zur Leerung des werkeigenen Zwischenlagers wurden mehrere Transporte in das



Materialbehandlung.
Foto: BKW

Zentrale Zwischenlager der Zwiilag durchgeführt. Dabei wurden 333 konditionierte Abfallgebinde dorthin transportiert. Im Berichtsjahr konnten alle konditionierten Betriebsabfälle des KKM in die Zwiilag transferiert werden. Der Bestand am Ende des Berichtsjahrs resultiert aus der temporären Einlagerung von Stilllegungsabfällen. So wurden im Laufe des Jahrs 366 Gebinde neu eingelagert, von denen am Jahresende bereits 107 abtransportiert waren. Damit ergab sich zum Jahresende im werkeigenen Zwischenlager ein Bestand von 259 konditionierten Gebinden.

Bei der Inspektion des Lagerguts im KKM zeigten sich keine meldepflichtigen Befunde. Die radioaktiven Abfälle des KKM sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Wichtig bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Befreiung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKM wurden im Berichtsjahr insgesamt 490t Material freigemessen. Zur Ablagerung gemäss Artikel 114 der Strahlenschutzverordnung wurden 170t Material und zur Verbrennung gemäss Artikel 116 der Strahlenschutzverordnung 16,4t abtransportiert.

4.6 Notfallbereitschaft

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

Werknotfallübung vom November

Das ENSI beobachtete und beurteilte die Notfallorganisation des KKM im November 2024 im Rahmen der Werknotfallübung PLUTO.

Das Szenario unterstellte einen Personenunfall. Ein Mitarbeiter verletzte sich bei einer elektrischen Absicherung lebensbedrohlich. Ein zweiter Mitarbeiter, der gemäss Vorschrift bei der Absicherung anwesend war, alarmierte den Kommandoraum. Durch den beim Absicherungsversuch ausgelösten Kurzschluss wurden mehrere Blockschiene stromlos und die übergeordnete Schiene zur Versorgung der sicheren Schiene automatisch zugeschaltet. Aufgrund des Ausfalls der Blockschiene war der Hilfskran im Bereich der Nassdekontamination mit einer scharfkantigen und kontaminierten Last zum Stehen gekommen. Beim Versuch, die Last abzusetzen, versagte die Sicherheitseinrichtung des Hilfskrans und die Last stürzte ab. Dabei verletzte das angehängte Material das Bein eines Mitarbeiters. Die offene



**Rückbau- und
Zerlegearbeiten in
der Kondensation.
Foto: BKW**

Wunde am Bein des Mitarbeiters war verschmutzt und radioaktiv kontaminiert. Aufgrund eines erneuten Ausfalls der übergeordneten Schiene standen die gesicherten Schienen mittelfristig nicht mehr zur Verfügung. Deshalb war die Vereinzelungsanlage zum Verlassen der kontrollierten Zone nicht mehr verfügbar. Strahlenschutzfachkräfte mussten die verbleibenden Personen ausmessen.

Die Notfallorganisation des KKM stufte die Ereignisse korrekt ein und meldete sie zeitgerecht an das ENSI. Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kommt das ENSI zum Schluss, dass die Notfallorganisation die vorgegebenen Ziele für Werknotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 (Notfallübungen) erreicht hat. Das KKM verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im Oktober 2024 zeigte, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren.

Ferner löste das ENSI im November ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKM aus, der die Verfügbarkeit des Notfallstabs innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigte.

4.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr erhöhte sich der Personalbestand des KKM auf 282 Personen (ohne Lernende, Vorjahr: 273 Personen), die 272 Voll-

zeitstellen besetzen. Damit hat sich der Personalbestand, entgegen den Planzahlen in der Kostenstudie «Stilllegung», erhöht. Diese Erhöhung ist darauf zurückzuführen, dass das KKM im Berichtsjahr das Ziel verfolgte, externe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an sich zu binden. Mit dieser Personalbindung soll eine grössere Identifikation mit der Anlage und der Rückbautätigkeit erreicht werden. Gleichzeitig haben im Berichtsjahr 32 Personen das KKM verlassen. Die Austritte entsprechen der im Jahr 2017 prognostizierten Personalentwicklung (siehe Kostenstudie «Stilllegung»). Sie stellen die nukleare Sicherheit nicht in Frage. Das überwiegend planbare Ausscheiden der langjährigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ermöglicht einen gezielten Wissenstransfer.

Organisatorische Änderungen

Im Zuge einer organisatorischen Änderung per 1. April 2024 führte das KKM die Aufgaben Arbeits- und Brandschutz sowie Arbeitsvorbereitung und -absicherung im neu geschaffenen Ressort Arbeitssicherheit zusammen. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Ressorts Arbeitssicherheit übernehmen damit die Verantwortung für die Themen Arbeits-, Gesundheits- und Unfallschutz, Arbeitsvorbereitung und -absicherung sowie Brandschutz. Des Weiteren wurden die Aufgaben der bisherigen Gruppe Bautechnik in das neu geschaffene Ressort Bautechnik in der Abteilung Rückbau über-



**Materialbehandlung
in der Nassstrahl-
Dekontaminations-
box.
Foto: BKW**

führt. Dies akzentuiert die zunehmende Bedeutung der Bautechnik und der damit verbundenen Verantwortung für den Rückbau des KKM.

Das Managementsystem ist nach den Normen ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 und ISO 45001:2018 zertifiziert.

Das ENSI führte im Berichtsjahr ein Fachgespräch mit Schwerpunkt Lieferantenmanagement durch. Dabei liess es sich über die Regelungen zur Überwachung, Einführung und Beurteilung des Personals externer Auftragnehmer informieren. Zudem erläuterte das Personal dem ENSI die Vorgehensweise im Umgang mit Lieferanten, die Störungen verursachten.

5



5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Das Zentrale Zwischenlager (ZZL) der Zwiilag Zwischenlager Würenlingen AG 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 für abgebrannte Brennelemente und verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung (HAA-Lager), das Lagergebäude M für mittelaktive Abfälle (MAA-Lager) und das Lagergebäude S für schwach- und mittelaktive Abfälle (SAA-/MAA-Lager). Zum Zwischenlager gehören auch das Empfangsgebäude und die Heisse Zelle.

Lagerbestand von 86 Transport- und Lagerbehältern

Im Berichtsjahr wurden zwei beladene Transport- und Lagerbehälter (T/L-Behälter) mit abgebrannten Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Leibstadt im HAA-Lager eingelagert. Beim ersten Behälter konnte die Dichtheitsprüfung an der Metaldichtung des Primärdeckels nicht erfolgreich durchgeführt werden (siehe Unterkapitel 5.7). Ende 2024 betrug der Lagerbestand 86 T/L-Behälter, davon 23 T/L-Behälter mit insgesamt 632 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen, 62 T/L-Behälter mit insgesamt 4251 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb der Kernkraftwerke (KKW) sowie ein CASTOR®-Behälter mit den Brennelementen aus dem stillgelegten Forschungsreaktor Diorit des Paul Scherrer Instituts (PSI). Die Belegung des HAA-Lagers betrug per Ende des Berichtsjahrs 42,5%. Neben den erwähnten T/L-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 Berichtsjahr fanden 63 Anlieferungen von konditionierten Gebinden zur Einlagerung in den Gebäuden M und S statt. Ende 2024 betrug die Ausnutzung des Lagergebäudes M 49,0%. Viele der im Lagergebäude M eingelagerten Gebinde erfüllen auch die Annahmebedingungen des Lagergebäudes S und könnten somit umgelagert werden. Ende 2024 war das Lagergebäude S zu 10,2% belegt.

5.2 Konditionierungsanlage

Die Konditionierungsanlage dient der Behandlung schwachaktiver Abfälle aus dem Betrieb und Rückbau der schweizerischen KKW sowie von weiteren radioaktiven Abfällen, beispielsweise aus der Sammelstelle des Bundes (Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung), sofern diese einen geringen Anteil an Alphastrahlern enthalten. Abfälle aus den KKW, die nicht als verbrennbarer oder schmelzbarer Abfall direkt in der Plasma-Anlage verarbeitet werden können, werden hier der Konditionierung beziehungsweise der Dekontamination mit unterschiedlichen Behandlungsverfahren unterzogen. Das Ziel ist es, eine möglichst grosse Menge zu befreien und die verbleibenden radioaktiven Reststoffe in eine konditionierte Form zu überführen, die den Anforderungen der Richtlinie ENSI-B05 (Konditionierung radioaktiver Abfälle) entspricht. Im ZZL wurden im Berichtsjahr insgesamt 35,6 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 (Befreiung von Kontroll- und Überwachungsbereichen sowie Materialien von der Bewilligungspflicht und Aufsicht) befreit.

Das Hochregallager der Konditionierungsanlage wird auch als Eingangslager für die in

**Zwiilag Zwischenlager
Würenlingen AG.
Foto: ENSI**



Drohnenaufnahme.
Foto: Zwiilag

der Plasma-Anlage zu verarbeitenden und entsprechend vorkonditionierten Rohabfälle benutzt. Zu einem späteren Zeitpunkt werden diese ins Hochregallager der Plasma-Anlage transferiert und von dort der Verarbeitung zugeführt.

Im Berichtsjahr konnten aufgrund von Bau-massnahmen zur Optimierung der Konditionierungsanlage die Konditionierungsarbeiten nur in einem eingeschränkten Rahmen durchgeführt werden.

5.3 Plasma-Anlage

Aufgabe der Plasma-Anlage ist es, die organischen Stoffanteile aus den brenn- und schmelzbaren schwachaktiven Abfällen durch Verbrennung zu entfernen und die radioaktiven Reste in eine inerte Schlackenmatrix zu überführen. Hierbei wird zudem eine erhebliche Volumenreduktion erzielt. Dieses Endprodukt stellt nach entsprechender Verpackung eine zwischen- und endlagerfähige Abfallform dar. Zur Verarbeitung gelangen Abfälle aus dem Betrieb und Rückbau der schweizerischen Kernanlagen sowie aus Medizin, Industrie und Forschung.

Im Berichtsjahr wurde in der Plasma-Anlage eine Kampagne durchgeführt. Die Kampagne musste aufgrund eines Vorkommnisses vorzeitig beendet werden (siehe Unterkapitel 5.7). Trotzdem hat sie durch die spezifikationsgerechte Verarbeitung von 418 Fässern mit radioaktivem Abfall zu 87 konditionierten Gebinden geführt.

5.4 Strahlenschutz

Im Berichtsjahr optimierte das ZZL kontinuierlich den Strahlenschutz und setzte entsprechende Massnahmen erfolgreich um.

Die akkumulierte Kollektivdosis betrug im Berichtsjahr 10 Pers.-mSv. Die maximale Individualdosis lag bei 0,9 mSv und damit weit unterhalb des für beruflich strahlenexponierte Personen festgelegten gesetzlichen Grenzwerts von 20 mSv pro Jahr. Das ENSI erachtet den praktizierten Strahlenschutz im ZZL als erfolgreich und zielgerichtet.

Abgaben über die Abluft und das Abwasser

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Abgabelimiten. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen von Abwasserproben und Aerosolfiltern durch. Sie stimmten mit den von der Zwiilag gemeldeten Analyseergebnissen überein. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnete das ENSI die potenzielle Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des ZZL unter ungünstigen Annahmen. Die potenzielle Jahresdosis betrug für Erwachsene, für Zehnjährige und Kleinkinder weniger als 0,001 mSv und lag damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,05 mSv pro Jahr gemäss Abgabereglement.



Lagerhalle für hochaktive Abfälle.
Foto: Zwilag

Das ZZL und das PSI teilen sich einen gemeinsamen Standort. Das PSI führt mit Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) die Umgebungsüberwachung für den gesamten Standort durch. Die TLD in der Umgebung und am Arealzaun des ZZL zeigten keine dem Betrieb der beiden Anlagen zuzuschreibende Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollen der Dosisleistung an der Umzäunung des ZZL durch, die ebenfalls keine signifikanten Veränderungen zeigten. Die Messungen des Betreibers und des ENSI bestätigten die Einhaltung der nach Artikel 79 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Betriebsareals von 0,02 mSv pro Woche für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 0,1 mSv pro Woche für andere Bereiche. Die Tätigkeiten in den Anlagen des ZZL wurden unter Einhaltung der gesetzlichen und internen Strahlenschutzvorgaben durchgeführt. Die Ergebnisse der Inspektionen bestätigten, dass das ZZL einen konsequenten und gesetzeskonformen Strahlenschutz praktizierte. Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des gemeinsamen Standorts des ZZL und PSI wird auf den Strahlenschutzbericht 2024 des ENSI verwiesen.

5.5 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation der Zwilag ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation und geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen sowie entsprechenden Vorkehrungen hat die Anlage die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Werknotfallübung vom Juni

Das ENSI beobachtete und überprüfte die Notfallorganisation der Zwilag im Juni 2024 an der Werknotfallübung TANTALOS.

Das Szenario unterstellte den Normalbetrieb der Zwilag. Wasser in einem Fass führte zu einer Verpuffung in der Plasma-Anlage. Rauch und Dampf kontaminierten sodann die Ofenhalle. Die Rauchmelder lösten einen Brandalarm aus. Der Brandabschnitt wurde isoliert und die Zuluft automatisch abgeschaltet. Die Fortluft wurde so weit gedrosselt, als dass in der kontrollierten Zone ein knapper Unterdruck aufrechterhalten werden konnte. Im Fassanlieferungsraum hatte sich ein Mechaniker bei der Reparatur des Antriebs des Fasstransportsystems eingeklemmt. Bei der Bergung des verletzten Mechanikers wurde dieser radioaktiv kontaminiert. Er musste aus der Anlage gebracht und durch die Strahlenschutz-Fachkräfte dekontaminiert werden. Dies erfolgte unter Anleitung der Dekontgruppe des PSI, die automatisch mit der Betriebsfeuerwehr auf-



Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle.
Foto: Zwilag

geboten worden war. Eine versperrte Türe hinderte zwei Mitarbeiter am Verlassen eines Raums. Ein weiterer Mitarbeiter flüchtete auf das Dach. Die Feuerwehr befreite die Mitarbeiter. Die Notfallorganisation musste sich zudem um eine Besuchergruppe kümmern, die sich bei Ereigniseintritt auf dem Areal befand.

Die Zwilag stufte das Ereignis korrekt ein und meldete es dem ENSI zeitgerecht. Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kommt das ENSI zum Schluss, dass die Zwilag die vorgegebenen Ziele für Werknotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 (Notfallübungen) grundsätzlich erreicht hat. Ein Verbesserungspunkt wurde hinsichtlich der verwendeten Einsatzhilfe zur Übermittlung des Quellterms identifiziert. Die Zwilag verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im Oktober 2024 zeigte, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren.

Ferner löste das ENSI im November ohne Voranmeldung einen Übungsalarm in der Zwilag aus, der die Verfügbarkeit des Werknotfallstabs innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigte.

5.6 Personal und Organisation

Das ENSI führte im Berichtsjahr zum dritten Mal eine Sitzung zur Orientierung im perso-

nellen und organisatorischen Bereich durch. Diese dient dazu, frühzeitig meldepflichtige Themen im personellen und organisatorischen Bereich zu identifizieren. Die Zwilag legte die langfristige Personalplanung mit einer frühzeitigen Einplanung von Tandemstellen für Schlüsselpositionen dar.

Begleitend zu dieser strategischen Massnahme informierte die Zwilag über den erstmalig durchgeführten «Academy Day», der im Berichtsjahr eine wertvolle Massnahme für den Wissenstransfer war. Dieser soll in einem vergleichbaren Format auch in Zukunft für das Personal zum Lernen voneinander angeboten werden.

Die Anzahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ist gegenüber dem Vorjahr um sieben Personen auf 102 angestiegen.

Managementsystem

Das Managementsystem der Zwilag besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm SN EN ISO 9001:2015. Die Rezertifizierung fand im Oktober 2024 statt. Die Gültigkeit des Zertifikats wurde bis zum 18. November 2027 verlängert.

Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Inspektion zum Thema Wissensmanagement durch. Es überprüfte die Prozesse des Managementsystems zum Wissenserhalt, zur Wissenserfassung und -dokumentation sowie zur Nutzung des transferierten Wissens. Die Leitsätze der Zwilag adressieren das Wissensmanagement im Zusammen-

hang mit der Personalbeschaffung, der Aus- und Weiterbildung sowie einem gezielten und geordneten Wissenserhalt und -transfer. Die ZwiLag kommt mit ihren Prozessen zum Wissensmanagement sowie einer frühzeitigen Nachfolgeplanung durch Tandemstellen für Schlüsselpositionen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-G07 (Organisation von Kernanlagen) nach.

5.7 Vorkommnisse

Die ZwiLag verzeichnete im Berichtsjahr zwei meldepflichtige Vorkommnisse gemäss der Richtlinie ENSI-B03 (Meldungen der Kernanlagen), die das ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zuordnete.

Dichtheitsnachweis am Primärdeckel eines Behälters

■ Am 27. September 2024 wurde ein mit 69 Brennelementen beladener Transport- und Lagerbehälter aus dem Kernkraftwerk Leibstadt zur ZwiLag transportiert. Die ZwiLag konnte die zur Einlagerung notwendige Wiederholung der Dichtheitsprüfung an der Metaldichtung des Primärdeckels nicht erfolgreich durchführen, da der Heliumuntergrundwert im Behälterprüfraum für die Erfüllung des Dichtheitskriteriums nicht erreicht werden konnte. Als Ursache vermutete die ZwiLag eine Heliumkontamination. Am 8. November 2024 beantragte die ZwiLag die temporäre Einlagerung des Behälters in der Halle H unter Abweichung der Einlagerungsbedingungen. Das ENSI hat die Freigabe zur temporären Zwischenlagerung unter Anordnung von kompensatorischen Massnahmen am 11. November 2024 erteilt. Die Freigabe ist gültig bis zum 30. Juni 2025. Die ZwiLag lagerte den Behälter am 15. November 2024 vorübergehend in die Halle H ein. Da die Anforderungen an die Zwischenlagerung nicht erfüllt waren, hat die ZwiLag dies dem ENSI am selben Tag als meldepflichtiges Vorkommnis angezeigt. Das ENSI ordnete das Vorkommnis der Stufe 0 auf der internationalen Ereignisskala INES zu.

Rauchentwicklung in der Ofenhalle

■ In der Plasma-Anlage lief seit dem 7. Oktober 2024 eine Kampagne zur Verbrennung und Einschmelzung von radioaktiven Abfällen. Am 6. Dezember löste eine starke Rauchentwicklung in der Ofenhalle einen Brandalarm aus. Danach wurde die Anlage vorzeitig heruntergefahren und die Kampagne am 9. Dezember beendet. Aufgrund eines ungeplanten Schliessens der Rauchgasklappen vor und nach dem Saugzuggebläse ging der Unterdruck im Drehherdofen und im Rest der Rauchgasstrecke verloren. Durch das Einblasen von Stickstoff zur Kühlung des Zentrifugenlagers in den Drehherdofen erfolgte zusätzlich ein Druckanstieg. Dieser Überdruck führte zum Entweichen von Rauchgasen in die Ofenhalle. Das wiederum löste den Brandalarm aus. Die Immissionsüberwachung zeigte keine signifikanten Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung. Die systematische Sicherheitsbewertung zu diesem meldepflichtigen Vorkommnis ist noch ausstehend.

5.8 Gesamtbeurteilung

Der Betrieb der ZwiLag führte im Berichtsjahr zu keinen unzulässigen radiologischen Auswirkungen auf die Bevölkerung und die Umwelt. Unter Anwendung der im Managementsystem festgelegten Prozesse erzielte das Personal gute Ergebnisse in Bezug auf die Entsorgungsaufgaben.

6



6. Paul Scherrer Institut

6.1 Überblick

Das Paul Scherrer Institut (PSI) ist das grösste Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Schweiz. Es entwickelt, baut und betreibt Grossforschungsanlagen und forscht zu den Themenbereichen Zukunftstechnologie, Energie und Klima, «Health Innovation» und Grundlagen der Natur. Zudem betreibt das PSI die Sammelstelle des Bundes. Das PSI nimmt die ablieferungspflichtigen radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung der gesamten Schweiz entgegen und sorgt für die Konditionierung und Zwischenlagerung.

Das Hotlabor (siehe Unterkapitel 6.2), die sich in der Stilllegung befindenden Forschungsreaktoren Saphir, Diorit und Proteus, die Versuchsverbrennungsanlage (siehe Unterkapitel 6.3) und die Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (siehe Unterkapitel 6.4) sind Kernanlagen und werden durch das ENSI beaufsichtigt.

Im Berichtsjahr war kein meldepflichtiges Vorkommnis gemäss der Richtlinie ENSI-B03 (Meldungen der Kernanlagen) zu verzeichnen. Der Betrieb der Kernanlagen des PSI führte zu keinen unzulässigen radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung. Der Schutz von Mensch und Umwelt vor Gefährdungen durch ionisierende Strahlen war im Berichtsjahr gewährleistet.

Im Bereich der Abfallentsorgung sind die initiierten Anstrengungen mit Nachdruck fortzusetzen. Betreffend die geplante Weiterverwendung der Kernmaterialien aus dem Proteus muss das PSI das eingeleitete Vorhaben zum Abschluss bringen.

6.2 Hotlabor

Im Hotlabor werden hochradioaktive Substanzen im Labormassstab gehandhabt. Die Abteilung Hotlabor und das Forschungslabor für nukleare Materialien untersuchen mit unterschiedlichen makro- und mikroskopischen Methoden unter anderem bestrahlte Werkstoffe und Kernbrennstoffe aus Reak-

toren oder Beschleunigern. Die PSI-Labore für Radiochemie und Endlagersicherheit benutzen das Hotlabor für wissenschaftliche Untersuchungen seltener Radioisotope beziehungsweise des Transportverhaltens von Radionukliden in Gesteinen.

Im Hotlabor erfolgt auch die Konditionierung der radioaktiven Abfälle aus dem Betrieb seiner Heissen Zellen. Darunter fallen flüssige Abfälle, die bei der Brennstoffanalytik anfallen und die Aktinide sowie Spalt- und Aktivierungsprodukte enthalten. Zur Verfestigung dieser Abfälle hat das PSI die Fixbox-3-Anlage gebaut und von 2013 bis 2019 eine Typenprüfung durchgeführt. Für den routinemässigen Betrieb dieser Anlage benötigt das PSI noch eine Typengenehmigung gemäss Artikel 54 Absatz 4 der Kernenergieverordnung. Nach Verfügung des ENSI im Jahr 2019 überarbeitete das PSI seine Gesuchsunterlagen mehrmals. Im Berichtsjahr fand erneut ein Fachgespräch zum Stand der Arbeiten statt. Anders als ursprünglich angekündigt, stellte das PSI in der Folge die Bearbeitung der Gesuchsunterlagen zugunsten der Typengenehmigung für den Abfallgebindetyp AGT11 zurück.

Bei der Brennstoffanalytik fallen im Hotlabor auch feste bestrahlte Kernbrennstoff- und Strukturmaterialabfälle an. Diese Abfälle werden hochdruckverpresst und in Stahlzylinder verpackt, beispielsweise in den Abfallgebindetyp AGT11. Von 2015 bis 2017 wurden die hierfür erforderlichen Einrichtungen im Hotlabor erneuert. Auch für den routinemässigen Betrieb dieser Anlage benötigt das PSI noch eine Typengenehmigung gemäss Artikel 54 Absatz 4 der Kernenergieverordnung. Nach Verfügung des ENSI im Jahr 2019 überarbeitete das PSI seine Gesuchsunterlagen mehrmals. Im Jahr 2023 reichte das PSI schliesslich einen neuen Antrag auf Typengenehmigung ein. In seiner Stellungnahme kam das ENSI zum Schluss, dass die Voraussetzungen zur Erteilung der Typengenehmigung unter Berücksichtigung von 16 Auflagen, darunter die Durch-

führung einer Typenprüfung, grundsätzlich gegeben sind. Das PSI hat die im Vorjahr gestartete Typenprüfung fortgeführt. Ende August 2024 informierte das PSI im Rahmen eines Fachgesprächs über den aktuellen Stand der Arbeiten und die weitere Planung. Die Typenprüfung für den Abfallgebinde-typ AGT11 soll im Jahr 2025 abgeschlossen werden.

192 kg Material befreit

Im Berichtsjahr wurden aus dem Kontrollbereich des Hotlabors 192 kg Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 (Befreiung von Kontroll- und Überwachungsbereichen sowie Materialien von der Bewilligungspflicht und Aufsicht) befreit.

Das Hotlabor übernimmt und verarbeitet ferner alle radioaktiven Abwässer aus dem Areal PSI-Ost mit Ausnahme des Rückhaltebeckens Wald (siehe Unterkapitel 6.3.5). Mit der Aktiv-Abwasseranlage im Hotlabor wurden im Berichtsjahr 693 m³ Abwässer behandelt und kontrolliert über die Abwasserüberwachungsanlage des PSI-Ost an die Aare abgegeben. Rund 24 % dieser Abwässer stammten aus dem Hotlabor, der Rest aus anderen Bereichen des PSI, insbesondere aus der Wäscherei und der Radiopharmazie. Im Berichtsjahr überarbeitete das PSI die Hotlabor-Störfallanalyse sowie den Hotlabor-Sicherheitsbericht. Im Hinblick auf eine geplante zeitweilige Lagerung der Kernmaterialien aus dem Proteus im Hotlabor (Transportbereitstellung, siehe Unterkapitel 6.3.3) erwirkte das PSI eine temporäre Anpassung der Hotlabor-Kapazität.

Projekt «Hotlabor 25+»

Zur Sicherstellung des längerfristigen Betriebs des Hotlabors hat das PSI im Jahr 2018 das Projekt «Hotlabor 25+» gestartet. Unter dieses Projekt fallen zum Beispiel die Sanierung der Fassade und der Lüftungsanlagen, die Erneuerung des Haupteingangs sowie die Modernisierung der Beleuchtung und des Gebäudeleitsystems. Die Teilprojekte werden gestaffelt durchgeführt. Im Berichtsjahr hat das PSI den Ersatz des Gebäudeleitsystems sowie der USV-Anlagen 3 und

4 abgeschlossen. Zudem wurde der Ersatz des Haupteingangs weiter vorangetrieben. Die Finanzierung des Teilprojekts zur Sanierung der Zuluftanlagen war Ende 2024 noch Gegenstand von Diskussionen und Verhandlungen.

Neben den üblichen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten nahm das PSI im Berichtsjahr weitere Ertüchtigungen im Hotlabor vor und führte entsprechende bereits in den Vorjahren initialisierte Vorhaben fort. Unter der Federführung des Hotlabors hat das PSI im Berichtsjahr ein neues Projekt angekündigt. Es beinhaltet die Lizenzierung, die Errichtung und den Testbetrieb (mit reduzierter Leistung) eines experimentellen Salzschnmelze-Reaktors. Das PSI plant, die erforderlichen Gesuchsunterlagen im Jahr 2025 einzureichen.

Aktualisierung der Erdbebensicherheitsnachweise

Anfang 2024 ordnete das ENSI eine Aktualisierung der Erdbebensicherheitsnachweise für das Hotlabor an. In einem ersten Schritt reichte das PSI Ende 2024 die Bewertung der Auswirkungen der neuen Erdbebeneinwirkungen mit Vorschlägen zum weiteren Vorgehen termingerecht beim ENSI ein.

Bei einer Ende 2024 durchgeführten Inspektion zum Thema «Flucht- und Rettungswege» im Hotlabor stellte das ENSI Verbesserungsbedarf beim Brandschutz fest. Das PSI wird die angeordneten Massnahmen umsetzen.

6.3 Kernanlagen in der Stilllegung oder im Rückbau

Vier Kernanlagen des PSI befinden sich in unterschiedlichen Phasen der Stilllegung. Dabei handelt es sich um die ehemaligen Forschungsreaktoren Saphir, Diorit und Proteus sowie um die ehemalige Versuchsverbrennungsanlage.

6.3.1 Saphir

Der Rückbau des im Jahr 1994 ausser Betrieb genommenen Forschungsreaktors Saphir ist weit fortgeschritten. Im Berichtsjahr hat das PSI 2607 kg Material aus dem Saphir

befreit. Die Freimessarbeiten im Gebäude sind nahezu abgeschlossen. Der Abschluss der In-situ-Gammaspektrometrie-Messungen steht bevor.

Das PSI hat die Fortluftbilanzierung und die Fortluftüberwachung ausser Betrieb genommen. Die Arbeitsplattform der Arbeitsbühne wurde ausgebaut. So ist der darunterliegende ehemalige Boden des Reaktors für Freimessungen zugänglich. Entgegen den bisherigen Annahmen des PSI ist keine PCB-Sanierung nötig. Aufgrund der Messwerte besteht keine Sanierungspflicht.

Abbruch des Gebäudes in Vorbereitung

Räume, in denen die Kontaminationsfreiheit nachgewiesen werden konnte, werden gemäss einem vom ENSI geprüften Rückzugskonzept versiegelt. Das PSI bereitet den anschliessend geplanten Abbruch des Gebäudes vor.

Das PSI führte den Unterhalt an Gebäude und Anlagen sowie Funktionsprüfungen an den Infrastrukturanlagen und Kalibrierungen an den Messgeräten gemäss den Vorgaben durch.

6.3.2 Diorit

Im Berichtsjahr wurden in der im Jahr 1977 ausser Betrieb genommenen Kernanlage Diorit die Rückbauarbeiten weitergeführt. Basierend auf der Abbruchbewilligung von 1994 reichte das PSI den Freigabeantrag für die Rückbauphase 4 ein. Die Phase 4 ist wiederum in drei Arbeitspakete unterteilt. Nach der Freigabe des ENSI für die Phase 4, dem Abschluss des Arbeitspakets 1 und der Zustimmung zum Arbeitspaket 2 setzte das PSI den Rückbau fort – nach der positiven Erfahrung wieder mit Hilfe eines ferngesteuerten Roboters. Insgesamt hat das PSI im Berichtsjahr 6969 kg Material aus dem Diorit befreit. Es fanden weitere Dekontaminationsarbeiten an Abfällen aus dem PSI-Ost in einem hierfür bestimmten Raum statt.

Im Diorit lagern diverse radioaktive Rohabfälle, darunter etwa 1,5t Aluminium-Stilllegungsabfälle aus dem Rückbau der Forschungsreaktoren Saphir und Diorit. Das PSI

plant, das Aluminium im Rahmen der entsprechenden Teilprojekte zu entsorgen.

Die Unterlagen für das Arbeitspaket 3 der Phase 4 lagen dem ENSI Ende 2024 noch nicht vor.

Ergänzendes Stilllegungsprojekt

Die Abbruchbewilligung aus dem Jahre 1994 umfasst die Arbeiten bis und mit Rückbauphase 4. Da das PSI plant, die Gebäude des Diorit vollständig zurückzubauen, hat es ein ergänzendes Stilllegungsprojekt vorgelegt. Die entsprechenden Unterlagen hat das PSI im Februar 2024 via ETH-Rat beim Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK zuhanden des Bundesamts für Energie (BFE) eingereicht. Das BFE ist die verfahrensleitende Behörde. Das ENSI hat im Auftrag des BFE bis Anfang Juli 2024 eine Vollständigkeitsprüfung durchgeführt und ist dabei, ein Gutachten zu erstellen.

Das PSI führte den Unterhalt an Gebäude und Anlagen sowie die Funktionsprüfungen an den Infrastrukturanlagen und die Kalibrierungen an den Messgeräten gemäss den Vorgaben durch.

6.3.3 Proteus

Der ehemalige Forschungsreaktor Proteus wurde im Jahr 2011 ausser Betrieb genommen. Im Berichtsjahr führte das PSI Arbeiten im Rahmen der vom ENSI freigegebenen Rückbauphase 2 aus. Die möglichen Demontearbeiten und das Entfernen von Störkanten für die Befreiungsmessungen wurden weitgehend ausgeführt. Darüber hinaus hat das PSI nach der Freigabe des ENSI einzelne Arbeiten aus der Rückbauphase 3 vorgezogen. Mit den Freimessarbeiten kann erst begonnen werden, wenn die verbleibenden Kernmaterialien aus der Anlage entfernt sind.

Im Berichtsjahr hat das PSI die Planung zur Weiterverwendung der auf der Anlage verbleibenden Kernmaterialien vorangetrieben. Das Konzept sieht vor, die Treiberstäbe internationalen Verwendungen zuzuführen. Das ENSI anerkennt die Bemühungen des PSI zur Weiterverwendung oder Entsorgung

der Kernmaterialien aus dem Proteus. Das ENSI erwartet, dass das PSI die Anstrengungen diesbezüglich weiter mit Nachdruck verfolgt.

9037 kg Material befreit

Insgesamt wurden im Berichtsjahr 9037 kg Material aus dem Proteus befreit und entsorgt. Weitere 22,7 kg wurden gemäss Artikel 117 der Strahlenschutzverordnung für die Abklinglagerung abgegeben. Das PSI führte den Unterhalt an Gebäude und Anlagen sowie Funktionsprüfungen an den Infrastrukturanlagen und Kalibrierungen an den Messgeräten gemäss den Vorgaben durch.

6.3.4 Versuchsverbrennungsanlage

Der Rückbau der im Jahr 2002 ausser Betrieb genommenen Versuchsverbrennungsanlage (VVA) verzeichnete in den Vorjahren Verzögerungen gegenüber der ursprünglichen Planung. Im Berichtsjahr konnten die Arbeiten aber erfolgreich fortgesetzt werden. In den Vorjahren baute das PSI unter anderem den Verbrennungsofen, die Rauchgasfilter und die Rauchgasrohrleitungen zurück.

Teilschritt 3 des Rückbaus abgeschlossen

Im Berichtsjahr hat das PSI dem ENSI den Abschluss des Teilschritts 3 gemeldet. Mit einer Abschlussinspektion hat sich das ENSI davon überzeugt, dass das PSI die Rückbauarbeiten des Teilschritts 3 ordnungsgemäss ausgeführt und abgeschlossen hat. Das freimessbare Material wurde befreit. Sämtliche nicht freimessbaren Teile der Filter sind dokumentiert und in Innenbehältern konditioniert. Die Rauchgasleitungen sind in KC-T12-Behältern konditioniert und im Bundeszwischenlager eingelagert. Mit Ausnahme der Sekundärabfälle hat das PSI alle radioaktiven Abfälle aus dem Rückbau der VVA konditioniert. Insgesamt wurden im Berichtsjahr 6291 kg Material aus der VVA befreit und entsorgt. Im weiteren Verlauf des VVA-Rückbaus werden keine radioaktiven Abfälle mehr erwartet.

Der Abschluss des Teilschritts 3 war eine Voraussetzung für den Beginn des Teilschritts 4. Das ENSI hat im Berichtsjahr den Teilschritt 4 des Rückbaus freigegeben. Das PSI konnte bereits einige Demontagearbeiten von Infastuktureinrichtungen wie Wasser- und Stromleitungen abschliessen. In der Anlage selbst sind sämtliche radioaktiven Komponenten ausgebaut. Die Anlage ist somit bereit für den Nachweis der Kontaminationsfreiheit. Das PSI hat mit ersten Messungen für die Qualifikation des Freimessverfahrens begonnen.

Das Rückzugskonzept und der anschliessend geplante Abbruch des Gebäudes sind in Vorbereitung.

Das PSI führte den Unterhalt an Gebäude und Anlagen sowie Funktionsprüfungen an den Infrastrukturanlagen und Kalibrierungen an den Messgeräten gemäss den Vorgaben durch.

6.3.5 Aktiv-Abwassernetz Ost

Das PSI hat im Jahr 2017 den Rückbau des alten Aktiv-Abwassernetzes des PSI-Ost initiiert. Die geplante Projektdauer beträgt zehn Jahre. Im Rahmen dieses Projekts soll auch das Rückhaltebecken Wald entleert, gereinigt und endgültig ausser Betrieb genommen werden. Mit Blick auf die geplante Sanierung des Rückhaltebeckens Wald hat das ENSI dem PSI zu Beginn des Berichtsjahrs die Konzeptfreigabe für das Zwei-Tank-System zur Entkopplung des Rückhaltebeckens mit fünf Auflagen erteilt. Das PSI konnte die Auflagen bis Oktober 2024 erfüllen und gegen Ende des Berichtsjahrs einen Montagefreigabeantrag für das Zwei-Tank-System stellen.

Die Sanierungsarbeiten des Schachts, in dem im Jahr 2023 eine Kontamination entdeckt wurde, und die Untersuchungen an den damit verbundenen Abwasserleitungen schreiten voran. Bislang wurden rund 5200 kg kontaminiertes Material (Kies-Gestein-Gemisch) geborgen. Das Material ist als radioaktiver Abfall zu entsorgen.



Die Grossforschungsanlage «Synchrotron Lichtquelle Schweiz». Foto: PSI

6.4 Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle

6.4.1 Behandlung radioaktiver Abfälle

Das PSI betreibt die Sammelstelle des Bundes für radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (Artikel 120 der Strahlenschutzverordnung). Ebenfalls im Eigentum des Bundes sind die im PSI anfallenden radioaktiven Abfälle aus den Anwendungen radioaktiver Isotope in Forschungsprojekten, insbesondere aus Brennstoffuntersuchungen, aus aktivierten Materialien aus den Beschleunigeranlagen, aus dem Rückbau von Forschungsanlagen sowie aus dem Betrieb der nuklearen Infrastruktur. Die genannten Abfälle sind sowohl chemisch als auch physikalisch unterschiedlich, sodass vor ihrer Endkonditionierung oft eine Triage und Vorbehandlungen notwendig sind. Zudem sind unterschiedliche Konditionierungs- und Verpackungskonzepte erforderlich, was im Vergleich mit den Kernkraftwerken zu einem umfangreicheren und sich häufig ändernden Spektrum an Abfallgebindetypen führt.

Aktualisierung der Sicherheitsnachweise

Zur Behandlung der radioaktiven Abfälle betreibt das PSI die Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (AERA). Darunter befinden sich das Betriebsgebäude und insbesondere auch das Abfalllabor. Für diese zwei Kernanlagen muss das PSI im Ergebnis einer Sicherheitsbewertung des ENSI die Sicher-

heitsberichte, die Störfallanalysen und weitere zugehörige Dokumente überarbeiten und erneut einreichen. Bis diese vom ENSI akzeptiert sind, gelten die ursprünglichen Sicherheitsberichte und die darin festgelegten maximalen Aktivitätsinventare. Dies kann spürbare Auswirkungen auf den Betrieb der Sammelstelle des Bundes haben. Das ENSI erliess für das Abfalllabor im August 2023 eine Verfügung betreffend die Aktualisierung der Sicherheitsnachweise mit einer Frist bis zum 30. Juni 2025. Anfang 2024 bestätigte das ENSI die Erfüllung der Forderungen zu den vom PSI aus der Erdbebenüberprüfung abgeleiteten Erhaltungsmassnahmen. Im Berichtsjahr hat das PSI die weitere Bearbeitung der Forderungen zugunsten anderer Prioritäten zurückgestellt.

Für das Betriebsgebäude hat das PSI die Bearbeitung der Forderungen im Zusammenhang mit dem Umbau des Mitteltrakts (neuer Zonenübergang und Erschliessung des Bundeszwischenlagers 2) aufgenommen.

Ersatz des Abfalllabors

Das Abfalllabor wurde Ende der 1960er Jahre in Betrieb genommen. Im Hinblick auf einen mittelfristigen Ersatz des Abfalllabors hat das PSI das im Vorjahr angestossene Projekt «SamBa – Anforderungen für die Sammelstelle des Bundes, Analyse, Rahmenbedingungen» weiterverfolgt und die Phase 1



**Modernisierung der
«Synchrotron
Lichtquelle Schweiz».
Foto: PSI**

planmässig im März 2024 abgeschlossen. Die Phase 1 umfasste eine Bedarfsanalyse und die Klärung der Randbedingungen bezüglich der Gestaltung der notwendigen zukünftigen Infrastruktur der Sammelstelle des Bundes. In der daraufhin initiierten Phase 2 des Projekts wird im Rahmen eines Bauvorprojekts der Kostenrahmen für ein neues Abfallbehandlungszentrum auf dem Gelände des PSI-Ost als Eingabe für den Finanzierungsantrag an den Bund definiert. Zudem erarbeitet das PSI die Unterlagen für das Bewilligungsgesuch. Das PSI plant, im Jahr 2025 die Finanzierung zu klären und, wenn geklärt, das Rahmenbewilligungsgesuch einzueichen.

Im Berichtsjahr wurden insgesamt rund 29,29 m³ Rohabfälle bei der Sammelstelle des Bundes angeliefert, davon 25,53 m³ aus dem PSI und 3,76 m³ aus der jährlichen Sammelaktion des Bundesamts für Gesundheit (BAG). In den 25,53 m³ PSI-Abfällen enthalten sind 1 m³ an radioaktiven Abfällen, die der Abklinglagerung zugeführt wurden.

Zusätzlich wurden 46 extern konditionierte Stahlzylinder mit Industrieabfällen sowie 114 endkonditionierte Glaskokillen aus der Zwiilag angeliefert.

Zur Behandlung in der Plasma-Anlage der Zwiilag wurden im Berichtsjahr 22 Fässer à 200 Liter mit sortierten und verpressten Abfällen bereitgestellt. Gegen Ende des Berichtsjahrs wurden 21 Stück davon an die Zwiilag abgeliefert. Dadurch konnte das PSI

die Brandlast im Betriebsgebäude auf rund 407 MJ/m² senken.

Im Zuständigkeitsbereich der AERA wurden im Berichtsjahr zudem noch zwölf KC-T-Container (drei Stück mit Beschleunigerabfällen aus dem PSI-West und neun mit VVA-Rückbauabfällen) auf der Betonieranlage im Diorit mit Zementmörtel verfüllt und endkonditioniert (siehe Unterkapitel 6.3.2). Ab 2025 erfolgt die Endkonditionierung der KC-T-Container aus dem PSI-West vor Ort in der eigens dafür neu errichteten Konditionierungsanlage.

Schliesslich wurden aus den AERA im Berichtsjahr noch 2213 kg Material befreit.

6.4.2 Lagerung radioaktiver Abfälle

Im Bundeszwischenlager (BZL) werden konditionierte Abfälle vorwiegend in 200-Liter-Fässern und Kleincontainern (4,5 m³) eingelagert, bis das geologische Tiefenlager zur Verfügung steht. Fallweise werden mit spezifischer Zustimmung des ENSI unkonditionierte Komponenten in Kleincontainern temporär aufbewahrt, sofern dies dem Optimierungsgesamt gemäss Artikel 4 der Strahlenschutzverordnung entspricht und nicht im Widerspruch zu Artikel 54 Absatz 1 der Kernenergieverordnung steht.

Dosisrechnung positiv beurteilt

Grundlage für den Nachweis der Einhaltung der Schutzziele beim BZL-Betrieb bildet die Störfallanalyse gemäss Auflage 3.2 der

bundesrätlichen Verfügung vom 3. Dezember 2004 betreffend die Änderung der Betriebsbewilligung für das BZL. Diese Analyse ist periodisch zu aktualisieren, wobei insbesondere die Entwicklung des Lagerinventars sowie der jeweilige Stand von Wissenschaft und Technik zu berücksichtigen sind. Nach grundlegender Überarbeitung der BZL-Störfallanalyse entwickelte das PSI ein Rechenprogramm (BZL-Dosistool), mit dem die Einhaltung der Störfalldosen für den jeweils aktuellen Lagerzustand sowie prospektiv für den im Folgejahr vorgesehenen Zustand nachgewiesen beziehungsweise prognostiziert werden kann. Im September 2020 gab das ENSI das BZL-Dosistool mit Auflagen frei. Ende Februar 2024 reichte das PSI fristgerecht die vom ENSI geforderten jährlichen Dosisrechnungen (Istzustand per Ende 2023 und Prognose 2024/25) ein. Das ENSI beurteilte die Dosisrechnungen positiv und bestätigte die Einhaltung des Schutzziels.

Per Ende des Berichtsjahrs betrug das BZL-Inventar an extern konditionierten Stahlzylindern 2890 Stück. Sie werden in elf KC-T12-Containern gelagert. Weitere 148 Zylinder mit tritiumhaltigen Abfällen aus industrieller Fertigung lagern seit dem Jahr 2016 zur Dichtheitsüberwachung lose in speziellen 200-Liter-Fässern. Im Berichtsjahr hat das PSI mit der Beprobung der verdächtigen Zylinder begonnen.

Bundeszwischenlager zu 88% belegt

Im Berichtsjahr wurden 114 endkonditionierte 200-Liter-Fässer (dem PSI zugeordnete Glaskokillen aus der Zwiilag) in das BZL eingelagert. Somit war der mit 200-Liter-Fässern belegte Raum per Ende 2024 mit 5042 Gebinden gefüllt. Dies entspricht einem Belegungsgrad von rund 80%. Im Berichtsjahr wurden elf KC-T12-Container in das BZL eingelagert. Damit belief sich das Inventar im BZL-Container-Teil per Ende 2024 auf insgesamt 129 endkonditionierte KC-T12/30-Container. Unter Berücksichtigung weiterer KC-T-Container, in denen triagierbare Beschleunigerabfälle beziehungsweise endkonditionierte Stahlzylinder aufbewahrt

werden, betrug der Belegungsgrad des Container-Bereichs im BZL per Ende 2024 rund 88%.

Neues Bundeszwischenlager 2

Zur Entlastung des BZL hat das PSI ein neues Zwischenlager, das BZL 2, mit einer Kapazität von 480 KC-T12/30-Containern und einem GC-T15/20-Grosscontainer erstellt. Nachdem das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK im September 2018 die Bau- und Betriebsbewilligung und das ENSI die nötigen Freigaben erteilt hatte, nahm das PSI im Jahr 2021 die Bauarbeiten auf. Ende 2022 waren die Bauarbeiten weitgehend abgeschlossen. Das BZL 2 wird über einen neu erstellten Zonenübergang im Mitteltrakt des angrenzenden Betriebsgebäudes erschlossen. Im Berichtsjahr sind die bautechnischen Abnahmen erfolgt. Das ENSI hat den Abschluss der Hierarchiestufe 3 (Montage und Bauausführung) bestätigt, und das PSI hat die Gesuchsunterlagen für die Hierarchiestufe 4 (Inbetriebnahme) eingereicht.

Im Jahr 2020 überprüfte das ENSI gemäss Artikel 117 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung die Abklinglagerung bei den AERA und forderte das PSI auf, ein Konzept zur Neubeurteilung der Einhaltung der Entscheidungskriterien für die verschiedenen Materialtypen einzureichen sowie Weisungen zum Prozess der Abklinglagerung auszuarbeiten und in seinem Qualitätsmanagementsystem zu verankern. Im Berichtsjahr hat das PSI die im Jahr 2022 initiierte radiologische Charakterisierung der vorhandenen Altlasten planmässig fortgeführt. Einige Teilprojekte konnten unterdessen abgeschlossen werden. Die entsprechenden Abfälle wurden der Abklinglagerung zugewiesen, befreit oder entsorgt.

In den Hallen des Betriebsgebäudes und in weiteren Hallen der AERA lagern sowohl nicht konditionierte als auch konditionierte Abfälle sowie ausgediente Komponenten, namentlich die alten Hotlabor-Abwassertanks und weiteres radioaktives Material zum Abklingen. Trotz der unternommenen

Anstrengungen (siehe Unterkapitel 6.4.1) hat die Menge der bei der Bundessammelstelle gestapelten Rohabfälle in der Berichtsperiode zugenommen. Das PSI ist angehalten, die Konditionierung der an die Bundessammelstelle angelieferten Rohabfälle sowie der dort gestapelten Altlasten mit Nachdruck weiterverfolgen.

Das PSI nutzt dasselbe elektronische Buchführungssystem wie die Kernkraftwerke, 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.

6.5 Strahlenschutz

Der Strahlenschutz am PSI im Aufsichtsbereich des ENSI war geprägt von den Arbeiten im Hotlabor sowie den laufenden Rückbau- und Entsorgungstätigkeiten. Der Rückbau der Forschungsreaktoren Saphir, Diorit und Proteus sowie der ehemaligen VVA war mit vergleichsweise geringen Dosen für das Personal verbunden. Die Kollektivdosis betrug 3 Pers.-mSv, die maximale Individualdosis lag bei 1,0 mSv. Gesamthaft lag die Strahlenexposition des eingesetzten Personals auf einem tiefen Niveau. Dies zeugt von einem zweckmässigen operativen Strahlenschutz.

Abgaben über die Abluft und das Abwasser

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Abgabelimiten. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen von Wasserproben und Aerosolfiltern durch. Sie stimmten mit den vom PSI gemeldeten Analyseergebnissen überein. 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 PSI unter ungünstigen Annahmen. Die potenzielle Jahresdosis betrug für Erwachsene, Zehnjährige und für Kleinkinder weniger als 0,004 mSv und lag damit deutlich unterhalb des quel-

lenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv pro Jahr gemäss Abgabereglement. Ins Gewicht fallen die Abgaben der Anlagen im PSI-West, die keine Kernanlagen sind und zum Aufsichtsbereich des BAG gehören. Das PSI und das Zentrale Zwischenlager teilen sich einen gemeinsamen Standort. Das PSI führt mit Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) die Umgebungsüberwachung für den gesamten Standort durch. Die quartalsweise ausgewerteten TLD am Zaun des PSI ergaben nach Subtraktion der natürlichen Untergrundstrahlung eine maximale, auf eine Woche gemittelte Erhöhung der Ortsdosis von etwa 0,006 mSv. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollen der Dosisleistung an der Umzäunung des PSI durch, die keine signifikanten Veränderungen zeigten. Die Messungen des Betreibers und des ENSI bestätigten die Einhaltung der nach Artikel 79 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Betriebsareals von 0,02 mSv pro Woche für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 0,1 mSv pro Woche für andere Bereiche.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des gemeinsamen Standorts des PSI und ZZL wird auf den Strahlenschutzbericht 2024 des ENSI verwiesen.

6.6 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des PSI ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen sowie entsprechenden Vorkehrungen hat die Anlage die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Institutsnotfallübung vom Oktober

Das ENSI beobachtete und überprüfte die Notfallorganisation des PSI zusammen mit dem BAG im Oktober 2024 an der Institutsnotfallübung HOTEL.

Der Übung wurden zwei voneinander unabhängige Ereignisse unterstellt. Beim ersten Ereignis handelte es sich um einen Brand

im Erdgeschoss des Isotopenlabors im Areal PSI-West. Aufgrund von Wartungsarbeiten an der Brandmeldeanlage war diese im betroffenen Bereich nicht aktiv. Der Brand und die sich ausbreitenden Brandgase versperrten drei Personen den Fluchtweg. Sie retteten sich vorübergehend in einen anderen Raum und alarmierten die Sicherheitszentrale des PSI, welche die Betriebsfeuerwehr und die Notfallorganisation aufbot. Wenig später entstand beim Austausch von CO-Gasflaschen an einer Laborhalle im Areal PSI-Ost ein Gasleck. Einem Mitarbeiter gelang es, über die Sicherheitszentrale die Betriebs-sanität zu alarmieren. Das austretende CO-Gas verteilte sich auf dem Areal und wurde zum Teil durch Gebäudelüftungen angesaugt. Der Notfallstab des PSI war mit unterschiedlichen Problemstellungen konfrontiert. Aufgrund des Brandes im Isotopenlabor musste von einer Freisetzung radioaktiver Stoffe ausgegangen werden. Der Notfallstab führte eine Quelltermittlung durch. Das PSI stufte das Szenario korrekt ein und meldete es dem ENSI zeitgerecht. Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kommt das ENSI zum Schluss, dass das PSI die vorgegebenen Ziele für Institutsnotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 (Notfallübungen) erreicht hat. Das PSI verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im Oktober 2024 zeigte, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren.

6.7 Personal und Organisation

Die Abteilung «Strahlenschutz und Sicherheit», die Abteilung «Hotlabor» und das Labor für nukleare Materialien haben eigene Managementsysteme, die gemäss ISO/IEC 17020 und 17025 akkreditiert und nach der Norm SN EN ISO 9001:2015 zertifiziert sind. Eine erfolgreiche Rezertifizierung fand im September 2024 statt.

Viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie Doktorandinnen und Doktoranden sprechen Englisch. Deshalb plant das PSI, die offizielle Betriebsdokumentation des Hot-

labors zweisprachig zu gestalten. Das ENSI hat verlangt, dass die Dokumente mit dem folgenden Hinweis zu versehen sind: Die deutsche Fassung ist die rechtlich bindende Fassung und Basis für Prüfungen und Freigaben.

Organisatorische Änderungen

Zur Optimierung der Abteilung «Strahlenschutz und Sicherheit» führte das PSI im Berichtsjahr je eine Organisationsänderung in den Sektionen «Expertisen und Analysen (E&A)» und Betriebsstrahlenschutz durch. Mit den Änderungen verfolgt das PSI eine Reduzierung der Führungsspanne für die Gruppenleitung beziehungsweise eine Fokussierung auf die wesentlichen Aufgaben der Gruppen. Mit der Änderung wird eine homogene fachliche Ausrichtung der Gruppen erreicht.

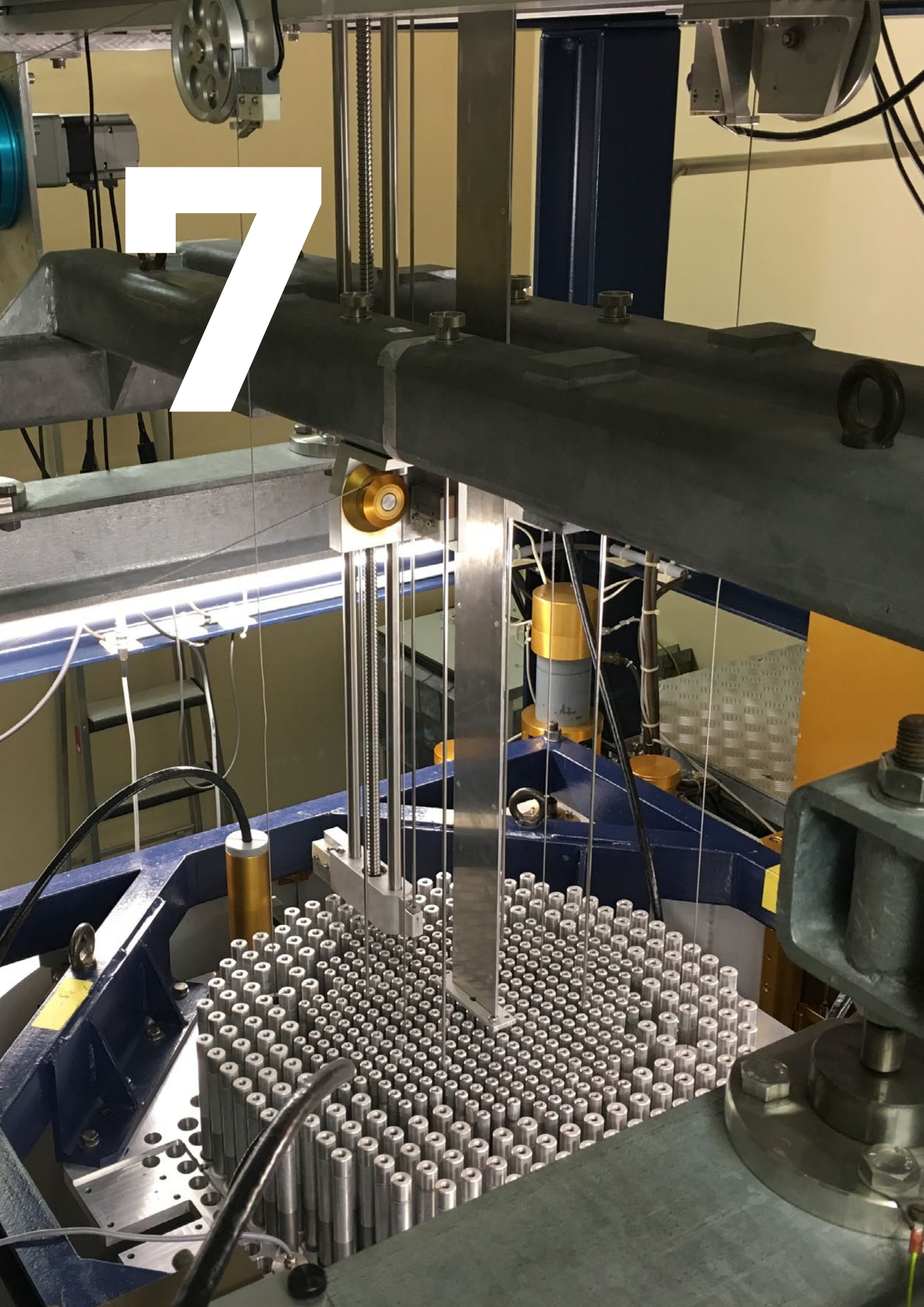
Einige vakante Stellen konnten auch im Berichtsjahr noch nicht besetzt werden. Dazu kommt, dass die Funktion des Sicherheitsbeauftragten, die nach langer Zeit im Jahr 2024 besetzt werden konnte, zwischenzeitlich wieder vakant ist. Der Sicherheitsdelegierte des Direktionsstabs hat die Funktion kommissarisch übernommen.

Aufgrund der hohen Anzahl an organisatorischen Änderungen liegt ein spezieller Fokus des PSI auf der Wirksamkeitsanalyse der organisatorischen Änderungen sowie den damit verbundenen Anforderungen an ein effektives Wissensmanagement.

6.8 Vorkommnisse

Im Berichtsjahr war kein meldepflichtiges Vorkommnis gemäss der Richtlinie ENSI-B03 (Meldungen der Kernanlagen) zu verzeichnen.

7



7. École Polytechnique Fédérale de Lausanne

Die Kernanlagen der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) umfassen den Forschungsreaktor CROCUS, das Neutronenexperiment CARROUSEL, die Neutronenquelle LOTUS und die angegliederten Labors. Diese Anlagen gehören zum Laboratoire de physique des réacteurs et de comportement des systèmes.

Im Berichtsjahr stand der Reaktor CROCUS insbesondere den Ingenieur- und Physikstudentinnen und -studenten der EPFL, den Studentinnen und Studenten des Swiss-Nuclear-Engineering-Masterkurses der ETH Zürich und der EPFL während 461 Stunden bei kleiner Leistung (unter 60 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 412 Wh thermische Energie erzeugt. Das Experiment CARROUSEL wurde für Praktika verwendet. Die Neutronenquelle LOTUS ist seit mehreren Jahren ausser Betrieb. Die Anlage wird zurzeit für Bestrahlungsexperimente verwendet.

Kontrolle des Brennstoffs

Die EPFL entlud im Berichtsjahr den Brennstoff aus dem Reaktorkern des CROCUS und überprüfte seinen Zustand. Das ENSI führte bei der Brennstoffkontrolle eine Inspektion durch und stellte bei allen inspizierten Gegenständen Normalität fest.

Die zwölf beruflich strahlenexponierten Personen an der EPFL akkumulierten im Berichtsjahr eine Kollektivdosis von weniger als 1 Pers.-mSv. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luftpfad ist unbedeutend: Es wird keine Bilanzierung verlangt. Abgaben über den Abwasserpfad werden vor Abgabe gemäss Artikel 106 der Strahlenschutzverordnung freigemessen und befreit.

Kein meldepflichtiges Vorkommnis

Die EPFL meldete im Berichtsjahr kein meldepflichtiges Vorkommnis gemäss der Richtlinie ENSI-B03 (Meldungen der Kernanlagen).

Im November 2024 führte das ENSI seine Jahresinspektion durch, besprach technische, organisatorische und personelle Änderungen und inspizierte verschiedene Anlagenräume sowie die Lagerung der geschlossenen radioaktiven Quellen. Das ENSI kam zum Schluss, dass die EPFL die verschiedenen Kernanlagen im Berichtsjahr sicher betrieb, die bewilligten Betriebsbedingungen jederzeit einhielt und einen konsequenten und gesetzeskonformen Strahlenschutz praktizierte.

8



8. Transporte und Behälter

8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung

Die schweizerischen Vorschriften für den Transport radioaktiver Stoffe auf Strasse und Schiene basieren auf dem europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR; SR 0.741.621) beziehungsweise auf der Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID). Bei allen Verkehrsträgern kommen die Empfehlungen der International Atomic Energy Agency (IAEA) für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe zur Anwendung. Basierend auf diesen Empfehlungen wird das internationale Transportrecht regelmässig angepasst. Diese Empfehlungen wurden im Jahr 2018 aufdatiert (IAEA Safety Standard SSR-6, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material). Ihre Einarbeitung in die modalen Transportvorschriften für die einzelnen Verkehrsträger erfolgte per Anfang 2021. Im nationalen Transportrecht für Gefahrgüter der Klasse 7 (radioaktive Stoffe) gelten unter anderem die Verordnung vom 29. November 2002 über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR; SR 741.621) und die Verordnung vom 31. Oktober 2012 über die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn und mit Seilbahnen (RSD; SR 742.401.6).

Die nach diesen Rechtsvorschriften erforderlichen Genehmigungen betreffen je nach Anwendungsfall die Versandstücke, die zu befördernden Stoffe oder den Beförderungsvorgang. Sie bilden eine Voraussetzung für die ebenfalls erforderlichen Bewilligungen nach Kernenergie- oder Strahlenschutzgesetz (siehe folgende Unterkapitel). Das ENSI ist die zuständige schweizerische Behörde für die Ausstellung von Genehmigungszeugnissen und Bauart-Zulassungsscheinen beziehungsweise für die entsprechenden Anerkennungen gemäss Gefahrgutgesetzgebung. Letztere gilt unabhängig davon, ob es sich beim Trans-



Umladen eines Transport- und Lagerbehälters.
Foto: KKL

portgut um radioaktive Stoffe aus Kernanlagen oder aus anderen Betrieben handelt.

Prüfung von Bauartzulassungen

Das ENSI stützt sich bei der Prüfung von Bauartzulassungen in der Regel auf die umfassenden Beurteilungen von Versandstückmustern durch die zuständige Behörde im jeweiligen Ursprungsland der Bauart. In diesen Fällen prüft das ENSI die Vollständigkeit des zugehörigen Sicherheitsberichts, insbesondere hinsichtlich des Nachweises, dass alle gemäss ADR/RID und IAEA-Safety-Standard SSR-6 vorgeschriebenen Anforderungen erfüllt sind. Geprüft werden auch die Kritikalitätssicherheit und Aspekte, die spezifisch für die Verwendung des Versandstückmusters in der Schweiz sind. Falls keine vorgängigen Beurteilungen anderer Behörden vorliegen, erfolgt eine vollständige Prüfung der Bauart auf Erfüllung aller gefahrgutrechtlichen Anforderungen. Beförderungsgenehmigungen sind dann erforderlich, wenn die Erfüllung der gefahrgutrechtlichen Anforderungen nicht allein durch das Versandstückmuster, sondern auch durch die Einhaltung von Massnahmen während des Beförderungsvorgangs gewährleistet wird. Das ENSI prüft anhand der eingereichten Dokumente, ob Verpackung, Inhalt

Transporte und Behälter.
iStockphoto



**Transport mit
der Bahn.
Foto: ENSI**

und beförderungsspezifische Massnahmen alle gefahrgutrechtlichen Anforderungen erfüllen.

Im Berichtsjahr beurteilte das ENSI drei Gesuche nach Gefahrgutgesetzgebung und stellte die entsprechenden Genehmigungen aus. Die Gesuche betrafen die Zulassungen von Typ-B(U)F-Versandstückmustern für die Verwendung in der Schweiz. In zwei Fällen erfolgte die Genehmigung auf der Basis einer vorliegenden ausländischen Zulassung und in einem Fall aufgrund einer vollumfänglichen Prüfung aller gefahrgutrechtlichen Anforderungen.

8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung

Gemäss Artikel 2 des Strahlenschutzgesetzes sind der Transport auf öffentlichen Verkehrswegen sowie die Ein- und Ausfuhr von radioaktiven Stoffen bewilligungspflichtige Tätigkeiten. Die Voraussetzungen für die Erlangung solcher Bewilligungen sind im Strahlenschutzgesetz und in der Strahlenschutzverordnung festgehalten. Derartige Bewilligungen sind über einen längeren Zeitraum befristet und hinsichtlich der Anzahl Transporte üblicherweise nicht begrenzt. Im Bereich der Kernanlagen ist das ENSI die zuständige Behörde, für den sonstigen Bereich ist das Bundesamt für Gesundheit (BAG) zuständig. Die Zuständigkeiten sind auf der Website des ENSI unter [Professionals](#) erläutert. Unter dem Stichwort

Transportbewilligungen finden in- und ausländische Gesuchsteller Information und Musterformulare in den Sprachen Englisch, Deutsch und Französisch.

Im Berichtsjahr wurden zwei Anerkennungen von BAG-Bewilligungen für Prüffirmen aus der Schweiz erteilt. Insgesamt verfügten 14 in- und ausländische Speditionen, Dienstleister und Prüffirmen über eigenständige strahlenschutzrechtliche Transportbewilligungen oder Anerkennungen von BAG-Bewilligungen seitens des ENSI und sind somit berechtigt, Transporte von radioaktiven Stoffen im Verkehr mit den Schweizer Kernanlagen durchzuführen.

8.3 Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung

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



Zwilag-Kampagne.
Foto: Zwilag

positive Beurteilung durch das ENSI vorliegt. Diese Bewilligungen sind maximal ein Jahr gültig und können einmalig um maximal sechs Monate verlängert werden.

Im Berichtsjahr beurteilte das ENSI 27 kernenergierechtliche Transportgesuche sowie zwei Gesuche um Anpassung. Anzumerken ist, dass dabei die Vielfalt der Gesucharten zugenommen hat. Das ENSI bearbeitete neben Gesuchen für den Transport von radioaktiven Betriebsabfällen zur Zwilag in Würenlingen, für die Einfuhr von frischen Brennelementen und für den Abtransport abgebrannter Brennelemente zur Zwilag auch Gesuche für die Rückführung radioaktiver Abfälle aus der Behandlung im Ausland sowie für Transporte radioaktiver Abfälle zu einer Kehrichtverbrennungsanlage.

8.4 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 Kernkraftwerks Gösgen erfolgt vor dieser «trockenen» Behälterlagerung eine verlängerte Lagerung unter Wasser im störfallsicheren externen Nasslager auf dem Betriebsgelände des Werks.

Die T/L-Behälter werden von den Kernkraftwerken zum jeweiligen Zwischenlager transportiert, dort in der Behälterlagerhalle abgestellt und an ein Überwachungssystem angeschlossen, das die Dichtheit überwacht. Die Behälter müssen die Sicherheit für den gesamten Zeitraum der Zwischenlagerung gewährleisten. Deshalb sind hierfür gegenüber einem reinen Transportbehälter nochmals erhöhte Anforderungen zu erfüllen. Details und Verfahren hierzu regeln die Richtlinien ENSI-G05 (Auslegung und Fertigung von Transport- und Lagerbehältern für die Zwischenlagerung) und ENSI-B17 (Betrieb von Zwischenlagern für radioaktive Abfälle). In der Richtlinie ENSI-G05 sind nicht nur die Anforderungen an die Auslegung der T/L-Behälter spezifiziert, sondern auch die Anforderungen an die Qualität, die begleitenden Kontrollen und die Dokumentation bei der Behälterfertigung. Bei der Fertigung der T/L-Behälter sind festgelegte und vom ENSI freigegebene Abläufe einzuhalten. Diese werden im Auftrag des ENSI von unabhängigen Fachleuten kontrolliert. Für jedes einzelne Behälterexemplar bestätigt das ENSI schliesslich den qualitätsgerechten Abschluss der Fertigung durch seine Freigabe zur Verwendung (KEG; Richtlinie ENSI-G05, Kapitel 4) und im Gefahrgutrecht durch die Registrierung des Serienmusters als Versandstück für radioaktive Stoffe.



**Anlieferung eines
CASTOR®-Behälters.
Foto: Zwilag**

24 Behälter in der Fertigung

Ende 2024 befanden sich 24 Transport- und Lagerbehälter in den verschiedenen Fertigungsphasen, von der Fertigungsvorbereitung bis zur Freigabe zur Verwendung oder der Registrierung durch das ENSI. Aktuell werden drei unterschiedliche Bauarten für abgebrannte Brennelemente gefertigt. Soweit sich Abweichungen bei der Fertigung ergaben, wurden diese von den Herstellern korrigiert oder nach eingehender Prüfung als akzeptabel qualifiziert, nachdem die auslegungsgemässe Sicherheit des jeweiligen Behälters nachgewiesen werden konnte.

Das ENSI zieht zur Fertigungsüberwachung externe Sachverständige hinzu, zum überwiegenden Teil aus der Schweiz, in Einzelfällen auch aus den Herstellungsländern. Ergänzend zu den Kontrollen im Bereich der laufenden Fertigung von T/L-Behältern wird die Zulassung für eine neue, speziell für die Schweiz vorgesehene Behälterbauart für bestrahlte Brennelemente bearbeitet und deren Vorabfertigung überwacht.

Wie bereits in den vorangegangenen Jahren wurden Inspektionen und Fachgespräche mit Aufsichtsbehörden anderer Länder durchgeführt: mit der Aufsichtsbehörde Autorité du sûreté nucléaire (ASN), dem Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) aus Frankreich und mit der belgischen Aufsichtsbehörde FANC und deren Sachverständigen Bel V.

Im Berichtsjahr nahm das ENSI sieben Behälterexemplare gemäss der Richtlinie ENSI-G05 ab und gab sie als beladene Behälter zur Einlagerung im Zwischenlager ZWIBEZ des Kernkraftwerks Beznau beziehungsweise im Zentralen Zwischenlager der Zwilag frei. Ebenso wurden neun Transport- und Lagerbehälter beim ENSI gemäss dem Leitfaden für Verpackungen radioaktiver Stoffe registriert.

Das ENSI hat im Berichtsjahr drei Bauartfreigaben für zwei Behälterbauarten gemäss der Richtlinie ENSI-G05 für die betreffenden Zwischenlager erteilt. Eine Behälterbauart wurde dabei erstmalig freigegeben. Für eine Behälterbauart stellte das ENSI eine Revision der Freigabe aus. Zurzeit befinden sich zwei weitere Behälterbauarten im Bauartfreigabeverfahren.

8.5 Aufsicht und Inspektionen

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 diejenigen der Spediteure, Absender, Beförderer und Empfänger von radioaktiven Stoffen müssen die Einhaltung der Vorschriften gewährleisten. Das ENSI überprüft dies im Rahmen der in den Unterkapiteln 8.1 bis 8.3 beschriebenen Bewilligungsverfahren generisch. Zu-

dem inspiziert das ENSI regelmässig übergeordnete organisatorische Aspekte, die als gute Indikatoren für ein gelebtes Qualitätsbewusstsein dienen.

Das ENSI führte im Berichtsjahr in seinem Aufsichtsbereich 13 Inspektionen zu Transporten radioaktiver Stoffe und zur Verwendung von Transport- und Lagerbehältern durch. Die Inspektionen betrafen den Versand von Prüfequipment und Zonenwäsche, die Lagerhaltung sowie die Verwendung von Transport- und Lagerbehältern. Die gefahrgutrechtlichen Grenzwerte, insbesondere für Kontamination und Dosisleistung wurden in allen Fällen eingehalten. Das ENSI stellte zweimal einen Verbesserungsbedarf bezüglich der Betriebsdokumentation und des Verhaltens von Mensch und Organisation fest. Alle anderen Aspekte bewertete das ENSI mit Normalität.



9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle

9.1 Einleitung

Die in der Schweiz anfallenden radioaktiven Abfälle müssen gemäss der Kernenergiegesetzgebung im Inland in einem geologischen Tiefenlager entsorgt werden. Seit 2008 läuft dazu das vom Bundesamt für Energie (BFE) geleitete Sachplanverfahren geologische Tiefenlager (SGT), um für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle einen oder mehrere Standorte zu finden. Das ENSI trägt im Verfahren die Gesamtverantwortung für die sicherheitstechnische Beurteilung der seitens der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) gemachten Vorschläge für geologische Standortgebiete und Standorte (siehe Unterkapitel 9.2).

Rahmenbewilligungsgesuch für ein Kombilager

In der dritten und letzten Etappe des Auswahlverfahrens führte die Nagra in den drei verbleibenden Standortgebieten 3D-seismische Messungen durch und teufte neun Tiefbohrungen ab. Das ENSI hat die bewilligungspflichtigen Tiefbohrungen bis zu ihrer Verfüllung aufsichtlich begleitet (siehe Unterkapitel 9.3). Auf Basis der aus den Untersuchungen gewonnenen Daten kündigte die Nagra im September 2022 an, dass sie das Standortgebiet Nördlich Lägern für alle Abfallsorten als am besten geeignet ansieht. Die Nagra beabsichtigte daher, je ein Rahmenbewilligungsgesuch (RBG) für ein Kombilager in Nördlich Lägern (Stadel, ZH) sowie eines für eine Brennelementverpackungsanlage am Standort neben der Zwiilag (Würenlingen, AG) einzureichen. Die Nagra reichte die beiden RBG am 19. November 2024 beim Bundesamt für Energie (BFE) ein. Das BFE erteilte dem ENSI gleichentags den Auftrag, die eingereichten Dokumente auf deren Vollständigkeit hin zu prüfen (siehe Unterkapitel 9.2).

Die nach der Ankündigung der Nagra im Jahr 2023 eingesetzten RBG-Seminare wur-

den im Berichtsjahr weitergeführt. Es fanden drei Seminare statt, an denen die Nagra Gelegenheit hatte, ihre Unterlagen den Behörden, Gremien und Experten vorzustellen (siehe Unterkapitel 9.2).

Bei der sicherheitstechnischen Beurteilung der RBG wird das ENSI durch eine grosse Anzahl externer Experten unterstützt. Von besonderer Bedeutung dabei ist die mit nationalen und internationalen Spezialisten besetzte Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung (EGT): Sie erarbeitet eine eigene Stellungnahme zum RBG der Nagra für ein geologisches Tiefenlager und wird diese auf ihrer Website veröffentlichen (siehe Unterkapitel 9.4).

Vorbereitung der Beurteilungsarbeit

Zur Vorbereitung seiner aktuellen Beurteilungsarbeiten hat sich das ENSI seit vielen Jahren mit den zu klärenden Fachfragen auseinandergesetzt und diese im Rahmen seiner regulatorischen Forschung adressiert. Diese Forschungsarbeiten erfolgen in Zusammenarbeit mit diversen Fachleuten aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und privaten Unternehmen. Ein Schwerpunkt der Forschungsarbeiten erfolgt im Felslabor Mont Terri (siehe Unterkapitel 9.5). Zu den aktuell laufenden Forschungsprojekten finden sich detaillierte Ausführungen im Erfahrungs- und Forschungsbericht 2024 des ENSI.

Aufgrund seiner Mitarbeit in internationalen Gremien und Forschungsprogrammen aktualisiert und erweitert das ENSI neben der Forschung laufend seinen Wissensstand (siehe Unterkapitel 9.6). Die Zusammenarbeit erlaubt dem ENSI das Sammeln von Erfahrungen aus anderen nationalen Entsorgungsprogrammen und die Prüfung der Übertragbarkeit auf die Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Schweiz.



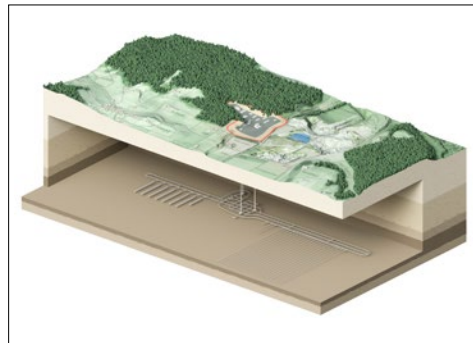
**Oberflächenanlage
des Tiefenlagers.**
Foto: Nagra

9.2 Sachplan geologische Tiefenlager

Am Ende der Etappe 2 des SGT im November 2018 hatte der Bundesrat entschieden, dass die drei Standortgebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost in der finalen Etappe 3 weiter untersucht werden sollen. Am Anfang dieser Etappe wurden alle drei Standortgebiete mit erdwissenschaftlichen Untersuchungen weiter analysiert (siehe Unterkapitel 9.3).

Das ENSI veröffentlichte Ende November 2018 seine sicherheitstechnischen Vorgaben für die Etappe 3 (ENSI 33/649). Diese Vorgaben präzisieren das Vorgehen der Entsorgungspflichtigen bei der Standortwahl und den notwendigen Detaillierungsgrad der entsprechenden RBG.

Im Berichtsjahr setzte das ENSI seine Vorbereitungsarbeiten zur sicherheitstechnischen Prüfung der beiden RBG fort. Hierzu gehörten unter anderem die Abstimmung mit dem BFE zu Konkretisierungen im Ablauf der RBG-Verfahren und zu den Anforderungen an die RBG sowie die Erstellung von Rechenmodellen und Expertenverträgen für die behördliche Prüfung. Zudem hat das ENSI die Prüfung von vorzeitig eingereichten Unterlagen zum modellhaften Inventar radioaktiver Materialien, zum bautechnischen Dossier oder zu Daten aus den Tiefbohrungen fortgesetzt.



Tunnel-Layout.
Foto: Nagra

Grobprüfung der Gesuchsunterlagen

Mit Einreichung der RBG am 19. November 2024 hat das ENSI mit der Vollständigkeits- und Grobprüfung der Unterlagen der Nagra begonnen. Das ENSI prüft insbesondere, ob die Unterlagen den rechtlichen und regulatorischen Vorgaben entsprechen. Ziel der Grobprüfung ist es festzustellen, ob die Unterlagen in Hinsicht auf die durchzuführenden Arbeiten vollständig sind und eine ausreichende Detaillierung aufweisen, um die Detailprüfung durchzuführen.

Seminare zu den Rahmenbewilligungsgesuchen

Nach der Ankündigung der Nagra im Herbst 2022, ihre Arbeiten auf das Standortgebiet Nördlich Lägern zu fokussieren, wurden im Jahr 2023 die RBG-Seminare ins Leben gerufen. Sie dienen dem Austausch zwischen der Nagra und den involvierten Behörden, Gremien und Fachleuten. An den Semina-



**Informationsanlass
zum Tiefenlager.
Foto: Nagra.**

ren nahmen neben dem ENSI, dem BFE und der Eidgenössischen Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) auch Vertreter der Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung (EGT) des ENSI, des Beirats Entsorgung, der Kantone und deren Expertengruppe (KES), des Bundesamts für Landestopografie swisstopo sowie Fachvertreter ausländischer Behörden teil. Das ENSI leitete, organisierte und protokollierte die Seminare.

Im Rahmen der Seminare hatte die Nagra Gelegenheit, ihr Vorgehen beim Erstellen der RBG darzustellen, die dazu bereits eingereichten Berichte zu erläutern und Fragen zur Standortwahl zu beantworten. Im Berichtsjahr fanden drei RBG-Seminare statt:

■ Das fünfte RBG-Seminar fand am 26. März 2024 statt. Die Nagra präsentierte ihr Vorgehen zur Erosionsabschätzung in den drei verbleibenden Standortgebieten, ihre qualitative Bewertung der drei Standortgebiete anhand der sicherheitstechnischen Kriterien des SGT sowie die Inhalte der geplanten RBG-Berichte zur Brennelementverpackungsanlage.

■ Am sechsten RBG-Seminar vom 27. Juni 2024 stellte die Nagra die erwartete phänomenologische Entwicklung eines geologischen Tiefenlagers dar. Spezielle Schlüsselthemen dabei waren die Temperatur- und Gasentwicklung, die Anpassung des Kombilager-Designs an die Auswirkungen lagerbedingter Einflüsse, die Ausbreitung von radioaktivem Kohlenstoff (C-14), die Entwick-

lung der Porosität in den Versiegelungsstrecken und die Barrierenentwicklung des Gesamtsystems.

■ Am 12. September 2024 fand das siebte und letzte RBG-Seminar statt. Die Nagra stellte die digitalen RBG vor und präsentierte die Sicherheitsberichte zur Brennelementverpackungsanlage und zum geologischen Tiefenlager, die Geosynthese, den Bericht zum Nachweis der Langzeitsicherheit, den Bericht zur Begründung der Standortwahl, den Umweltverträglichkeitsbericht sowie den Bericht zur Raumplanung.

Damit präsentierte die Nagra den involvierten Fachbehörden und ihren Experten alle Gesuchsunterlagen. Die RBG-Seminare halfen dem ENSI, die Planung seiner Beurteilungsarbeiten abzuschliessen. In Absprache mit dem BFE als verfahrensleitende Behörde wurde beschlossen, nach Einreichen der RBG keine solchen Seminare mehr durchzuführen.

Technisches Forum Sicherheit

Das Technische Forum Sicherheit (TFS) dient im Rahmen des SGT als Informations- und Austauschplattform. Im TFS werden technische und wissenschaftliche Fragen zur Sicherheit und Geologie aus der Bevölkerung, von Gemeinden, Standortregionen, Organisationen, Kantonen und aus dem Gemeinwesen betroffener Nachbarstaaten diskutiert und beantwortet. Das TFS besteht aus Fachpersonen der verfahrensleitenden



**Das Felslabor Mont Terri liegt 300 Meter unter der Erdoberfläche.
Foto: Nagra**

Behörde (BFE), der überprüfenden (ENSI, KNS) beziehungsweise unterstützenden Behörde (swisstopo), von verfahrensbegleitenden Gremien (Beirat Entsorgung, EGT, ESchT), von Nichtregierungsorganisationen, der Entsorgungspflichtigen (Nagra) sowie aus delegierten Personen der Standortregionen, Standortkantone, betroffenen Nachbarkantone sowie aus Deutschland und Österreich. Das ENSI leitet das TFS, es sammelt die Fragen, koordiniert die Beantwortung der Fragen der Forumsmitglieder und organisiert die Sitzungen. Die eingegangenen Fragen und darauf formulierten Antworten werden der Öffentlichkeit unter der Rubrik [TFS](#) auf der Website des ENSI zur Verfügung gestellt. Im Berichtsjahr fanden vier Sitzungen statt. Von den bis Ende 2024 im TFS aufgenommenen 182 Fragen waren zu diesem Zeitpunkt 172 beantwortet.

Neben der Beantwortung eingereichter Fragen diskutierten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer an den Sitzungen verschiedene Fachthemen vertieft: An der Sitzung vom März 2024 standen die regulatorische Sicherheitsforschung und die Forschungsprojekte des ENSI zur geologischen Tiefenlagerung sowie die Forschung zur Felsmechanik des Opalinustons im Zentrum. Im Hinblick auf die zukünftige Handhabung abgebrannter Brennelemente wurde im Forum zudem die Forschung zur verlängerten Trockenlagerung in Deutschland behandelt. An der Sitzung vom September disku-

tierten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Bedeutung von Eignungskriterien.

Öffentlichkeitsarbeit

Im Berichtsjahr nahm das ENSI an diversen Veranstaltungen der Fachgruppe Sicherheit und an Vollversammlungen der Regionalkonferenz Nördlich Lägern teil und gab Auskünfte zu den folgenden Fachthemen: zu den gesetzlichen Vorgaben zum vorläufigen Schutzbereich für ein geologisches Tiefenlager, zur Transmutation von radioaktiven Abfällen, zum Hintergrund und zu den Vorgaben für die Eignungskriterien (gemäss Artikel 63 der Kernenergieverordnung) sowie zum Ablauf und zum Vorgehen der RBG-Prüfarbeiten des ENSI. Zudem standen der Direktor und der Leiter des Bereichs Entsorgung des ENSI auf Einladung von Stadelaktiv (Nördlich Lägern) im September 2024 für Fragen zur Verfügung.

Im Zusammenhang mit der Einreichung der RBG informierte das ENSI am 19. November 2024 an der Medienkonferenz in Bern über seine Aufgabe bei der behördlichen Überprüfung der beiden Gesuche. An den vom BFE organisierten Informationsveranstaltungen am 27. November 2024 in Büllach (zum geologischen Tiefenlager) und am 3. Dezember in Brugg (zur Brennelementverpackungsanlage) erläuterte das ENSI sein Vorgehen bei der sicherheitstechnischen Überprüfung der Rahmenbewilligungsge-
suche und stand der Bevölkerung an den



Das Felslabor besteht aus 1200 Metern Stollen und Nischen.
Foto: swisstopo

jeweiligen Informationstischen für Fragen zur Verfügung. An der vom deutschen Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) organisierten Informationsveranstaltung zum RBG in Waldshut am 9. Dezember 2024 beantwortete das ENSI die Fragen der Anwesenden.

9.3 Sondierbohrungen für die Etappe 3

Bei den Tiefbohrungen der Nagra ist das ENSI als Leitbehörde zuständig für

- die Freigaben der jeweiligen Bau-, Betriebs-, Verschluss- und gegebenenfalls der Langzeitbeobachtungsphasen und
- die Kontrolle der Auflagen aus den jeweiligen Bewilligungen des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK.

Mit den Freigaben zu den einzelnen Phasen auf dem Bohrplatz präzisierte und konkretisierte das ENSI die in den Bewilligungen allgemein formulierten Anforderungen an die Auslegung der Bohrungen, den Bohrbetrieb und deren Verschluss.

Erdwärmesonden-Projekt

Im Auftrag des BFE nahm das ENSI im April 2024 Stellung zum Gesuch der Nagra um Änderung der Anforderungen an den Rückbau des Bohrplatzes Stadel 2 vor Entlassung aus der Bewilligungshoheit des Bundes. Hintergrund des Gesuchs war die

beabsichtigte Nachnutzung des oberen Teils des Bohrlochs Stadel 2-1 als Erdwärmesonde. Nachdem die Grundeigentümer das Erdwärmesonden-Projekt aufgaben, beantragte die Nagra im Juli 2024 den vollständigen Verschluss des Bohrlochs Stadel 2-1. Unter Beibehaltung des Kantons Zürich erteilte das ENSI im August 2024 die Freigabe unter Auflagen. Der endgültige und vollständige Verschluss des Bohrlochs Stadel 2-1 erfolgte Anfang September 2024. Das ENSI überwachte die Einhaltung der verfügbten Auflagen vor Ort.

CO₂-Injektionstest in Trüllikon

Auf Antrag der Nagra erfolgte im Juli 2024 eine Revision der Freigabe der Betriebsphase für die Bohrung Trüllikon 1-1. Mit der Freigabe der Revision wurden die Arbeiten für eine Dichtigkeitsprüfung der Verrohrung und des die Verrohrung nach unten verschliessenden Zementstopfens ermöglicht. Die Arbeiten erfolgten im Hinblick auf die geplante Übernahme der Bohrung durch das CITru-Konsortium. Das Pilot- und Demonstrationsprojekt CITru (CO₂-Pilotinjektion in Trüllikon) prüft unter der Leitung der ETH Zürich die Machbarkeit eines CO₂-Injektionstests mittels der Bohrung Trüllikon 1-1. Die Bundesämter für Energie (BFE), Umwelt (BAFU) und Landestopografie (swisstopo) begleiten das Projekt. Weitere Informationen hierzu finden sich auf der [Projektwebsite](#). Das ENSI begleitete im



Im Felslabor wird der Opalinuston untersucht als Wirtgestein für das Tiefenlager.
Foto: swisstopo

September 2024 einen erfolgreichen Drucktest im Bohrloch. Der vorhandene Ausbau des Bohrlochs (Verrohrung, Bohrlochkopf, Zementstopfen) erwies sich als geeignet, um die absehbaren Belastungen im Zusammenhang mit der CO₂-Pilotinjektion aufnehmen zu können.

Im Auftrag des BFE nahm das ENSI im September 2024 Stellung zum Gesuch der Nagra um Verlängerung der Bewilligung und um Entlassung des Bohrplatzes Trüllikon 1 aus der Zuständigkeit des Bundes. Mit der Verlängerung der Betriebsbewilligung wurden die administrativen Voraussetzungen für die Vorbereitung eines Übernahmegesuchs im Hinblick auf das Pilot- und Demonstrationsprojekt CITru geschaffen.

9.4 Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung

Gemäss Pflichtenheft des SGT unterstützt die Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung (EGT) das ENSI in seiner Arbeit zu den sicherheitstechnischen Beurteilungen, verfasst Stellungnahmen zuhanden des ENSI zur geologischen Beurteilung der Standortgebiete und Standorte sowie zur bautechnischen Machbarkeit der geologischen Tiefenlager und nimmt Stellung zu Gesuchen für erdwissenschaftliche Untersuchungen. Für das ENSI ist die EGT eine wichtige Wissensträgerin, da darin von der Nagra unabhängige Fachleute vertreten sind. Die EGT und das ENSI legen jährlich gemeinsam

die Schwerpunkte der Arbeiten der EGT fest. Der EGT gehörten im Berichtsjahr acht Mitglieder aus dem Hochschulbereich des In- und Auslands an (siehe Website der [EGT](#)), die verschiedene in der geologischen Tiefenlagerung relevante Fachbereiche abdecken. Das ENSI führt das Sekretariat der EGT.

Im Berichtsjahr fanden sechs ganztägige, reguläre Plenarsitzungen der EGT statt. Zudem nahm die EGT an den drei vom ENSI organisierten RBG-Seminaren und an den vier Sitzungen des TFS (siehe Unterkapitel 9.2) teil. Zusätzlich vertraten Mitglieder die EGT in Fachsitzungen mit der Nagra zur 3D-Seismik-Interpretation, zur Tiefbohrung Rheinau und zum bautechnischen Dossier für den Standortvergleich.

Im Berichtsjahr standen die Vorbereitungsarbeiten für die Stellungnahme der EGT zum Rahmenbewilligungsgesuch für ein geologisches Tiefenlager der Nagra im Fokus. Dafür identifizierte die EGT Schlüsselthemen für die Standortwahl und den Sicherheitsnachweis, die sie basierend auf bereits zugänglicher Information aus wissenschaftlichen Publikationen und Fachsitzungen mit der Nagra intensiv diskutierte. Diese Themen umfassten unter anderem die Eigenschaften der geologischen Barriere in den Standortgebieten, tiefenlagerbedingte Einflüsse auf die technischen und geologischen Barrieren, bautechnische Aspekte für den Standortvergleich, chemische Wechselwirkungen im Tiefenlager-Nahfeld sowie die

langfristige Landschaftsentwicklung und Erosion in den Standortgebieten.

9.5 Felslaboratorien

In der Schweiz betreiben swisstopo das Felslabor Mont Terri und die Nagra das Felslabor Grimsel. In beiden Felslaboratorien werden unter Beteiligung internationaler Partner umfangreiche Forschungsprojekte zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle durchgeführt. 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. Um die für die Sicherheitsbeurteilung erforderlichen Datensätze zum Gesamtverhalten des Barrierensystems zu gewinnen, werden ausserdem in Demonstrationsversuchen die Eigenschaften und das Verhalten technischer Barrieren (Bentonit, Zement, Stahlbehälter) in Wechselwirkung untereinander und mit der geologischen Barriere untersucht.

Erforschung des Opalinustons

Das ENSI ist seit 2003 im Felslabor Mont Terri mit eigenen Experimenten an der Erforschung des Opalinustons und ausgewählter tiefenlagerrelevanter Prozesse beteiligt. Damit wird die behördeninterne Fachkompetenz erweitert und es werden für die aufsichtliche Beurteilung eigene Datensätze und Modelle entwickelt.

In dem von der Nagra betriebenen Felslabor Grimsel hat das ENSI einen Beobachterstatus und beteiligt sich nicht aktiv an den Experimenten. Von Interesse für das ENSI sind vor allem diejenigen Experimente, die unabhängig vom Wirtgestein Prozesse in den technischen Barrieren untersuchen sowie diejenigen, die Techniken zur Erfassung sicherheitsrelevanter Daten entwickeln.



22 Projektpartner beteiligen sich an der Forschung im Mont Terri.
Foto: swisstopo

9.6 Internationaler Wissenstransfer

Basis der fachlichen Beurteilungsarbeit des ENSI ist die Festlegung des Standes von Wissenschaft und Technik. Das ENSI legt daher grossen Wert auf seine Mitarbeit in nationalen und internationalen Arbeitsgruppen, um Fragestellungen im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle in geologischen Tiefenlagern, vor allem im europäischen Rahmen, zu verfolgen und sich bezüglich des Standes von Wissenschaft und Technik und der aktuellen Entwicklungen in anderen Ländern zu informieren. Neben der Beteiligung an der internationalen Forschung im Felslabor Mont Terri (siehe Unterkapitel 9.5) engagiert sich das ENSI in internationalen Forschungsprojekten zur Entsorgung wie zum Beispiel DECOVALEX. Das ENSI verfolgt auch verschiedene Arbeitspakete wie GAS und HITEC des Europäischen Forschungsprogramms EURAD (European Joint Programme on radioactive Waste Management) und arbeitet in verschiedenen internationalen Gremien wie zum Beispiel BIOPROTA mit.

Das ENSI beteiligte sich im Berichtsjahr zudem an den Aktivitäten der Nuclear Energy Agency (NEA; Teil der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, OECD) und der International Atomic Energy Agency (IAEA). Es engagiert sich in der Integration Group for the Safety Case (IGSC), der Working Group on Measurements



**Aktuell laufen
im Mont Terri
46 Experimente.
Foto: swisstopo**

and Physical Understanding of Groundwater Flow through Argillaceous Media (Clay Club) und der Expert Group on Operational Safety (EGOS) sowie im Projekt «Technical Document on Research and Development for Geological Disposal Programmes». Die Mitarbeit des ENSI in den Gremien der NEA und IAEA ermöglicht den Zugang zu wichtigen internationalen Informationsplattformen. Im Zentrum steht dabei der Wissenstransfer zur Anwendung von Sicherheitsnachweisen für geologische Tiefenlager, zur Tongesteinsforschung und zu bereits bestehender Betriebserfahrung.

DECOVALEX

Das Projekt DECOVALEX ist eine internationale Forschungsk Kooperation, die durch das Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) koordiniert wird. Sie soll das Verständnis für gekoppelte thermische, hydraulische, mechanische und chemische Prozesse (THMC) in geologischen Systemen vertiefen und die Fähigkeit zur numerischen Modellierung dieser Prozesse verbessern. DECOVALEX steht für «DEvelopment of COupled models and their VALidation against EXperiments in nuclear waste isolation» (siehe Projektwebsite). Im April 2024 begann die bis Ende 2027 laufende Phase IX des Projekts. Neben dem ENSI nehmen 18 Organisationen teil. Diese können zusätzliche Forschungsteams beauftragen.

Das ENSI hat für die Phase IX das Arbeitspaket HyMAR vorgeschlagen. An diesem Arbeitspaket beteiligen sich Organisationen aus China, Deutschland, Kanada, England, den USA und der Schweiz. Das Arbeitspaket befasst sich mit der Modellierung des Gas-Transport-Experiments im Felslabor Mont Terri. Die erforderlichen Daten stammen aus Laborversuchen des Unternehmens British Geological Survey, aus Bohrkernuntersuchungen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen und aus dem In-situ-Teil des Gas-Transport-Experiments.

BIOPROTA

BIOPROTA ist ein internationales Kooperationsforum, das die Beantwortung zentraler Fragestellungen in Bezug auf Biosphärenaspekte bei der Bewertung langfristiger Auswirkungen von Schadstoffreisetzungen im Zusammenhang mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle und der Bewirtschaftung kontaminierter Flächen unterstützt. Das ENSI ist seit 2012 Mitglied des Forums. Die Mitgliedschaft dient dem ENSI zur Kompetenzerweiterung im Bereich der Biosphärenmodellierung. Die Arbeiten fokussieren unter anderem auf den Umgang mit Ungewissheiten bei der Modellierung der Umweltauswirkungen und der entsprechenden Strahlenexposition im Zusammenhang mit dem Sicherheitsnachweis für geologische Tiefenlager. Das Forum trifft sich jährlich, um die Ergebnisse von aktuellen Forschungs-

arbeiten zu diskutieren und zukünftige Forschungsschwerpunkte festzulegen. Im Berichtsjahr wurden mehrere Workshops zu den Themen Biosphärenmodellierung, Bioverfügbarkeit und Biosphärencharakterisierung, zu C-14 und anderen speziellen Radionukliden für die Biosphärencharakterisierung sowie zu den jeweiligen Forschungsergebnissen durchgeführt. Die Ergebnisse werden auf der [Forumswebsite](#) veröffentlicht.

IGSC

Im Oktober 2024 wurde von der Integration Group for the Safety Case (IGSC) ein Symposium zur Rolle des Sicherheitsnachweises beim Bau eines geologischen Tiefenlagers organisiert. Am Symposium wurde betont, wie wichtig es ist, einen Prozess zu implementieren, der den transparenten Umgang des Gesuchstellers und der Aufsichtsbehörde mit Änderungen und Abweichungen im Design fördert. Ebenfalls wurde in mehreren Vorträgen und in den Diskussionen die Bedeutung des Anforderungsmanagementsystems («requirement management system») hervorgehoben, um Schnittstellen aufzuzeigen und den Wissenstransfer zu erhalten. Zusätzlich zum Symposium tauschten sich die Mitglieder der IGSC im November 2024 virtuell aus, um den Stand der aktuellen Aktivitäten und das zukünftige Arbeitsprogramm zu besprechen.

Clay Club

Die Working Group on Measurements and Physical Understanding of Groundwater Flow through Argillaceous Media (Clay Club) verfolgt auf internationaler Ebene den aktuellen Stand der Tongesteinsforschung und tauscht Erfahrungen dazu aus. Die Jahressitzung des Clay Clubs fand im November 2024 in Hannover, Deutschland, statt. Dort wurde im Rahmen der Clay Conference eine halbtägige Sitzung abgehalten. Themen waren die Veröffentlichung der fertig gestellten NEA-Berichte, der Start des neuen Projekts zu abweichenden Porenwasserdrücken in Tongesteinen und die Länderberichte.

EGOS

Die Expert Group on Operational Safety, EGOS, dient dem Austausch von technischen und regulatorisch-gesetzgeberischen Erfahrungen in Bezug auf die nukleare und radiologische Betriebssicherheit eines geologischen Tiefenlagers. Im Juni 2024 fand ein Webinar der EGOS zum Thema «Strahlenschutz im Tiefenlager» statt. An der Jahressitzung der EGOS im Oktober 2024 in Budapest, Ungarn, wurde der Stand der Berichtsentwürfe zu den Themen «Brand und Lüftung» und «Gefährdungsbilder für den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers» sowie die wesentlichen Erkenntnisse aus dem Webinar besprochen.

Weitere Angaben zum internationalen Wissenstransfer und zu den Forschungsprojekten sind im [Erfahrungs- und Forschungsbericht 2024](#) des ENSI beschrieben.

10



10. Anlagenübergreifende Themen

10.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen

Mit der Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) wird unter anderem das Risiko abgeschätzt, dass ein schwerer Unfall in einem Kernkraftwerk (KKW) 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 die möglichen Unfallsequenzen bis zum Kernschaden (Kernschmelze) betrachtet. Die auslösenden Ereignisse umfassen sowohl anlageninterne Störfälle – wie Brände, Brüche von kühlmittelführenden Leitungen oder Ausfälle der Wärmeabfuhr – als auch Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage, wie Erdbeben, unfallbedingte Flugzeugabstürze oder externe Überflutungen. Aufbauend auf den Ergebnissen der Stufe-1-PSA wird in der Stufe-2-PSA der weitere Verlauf des Kernschmelzunfalls bis zu einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt untersucht. In der Stufe-3-PSA wird schliesslich der Schaden in der Umgebung des Kraftwerks analysiert.

PSA-Studien der Stufen 1 und 2

Basierend auf Artikel 41 der Kernenergieverordnung verlangt das ENSI für die KKW der Schweiz PSA-Studien der Stufen 1 und 2. Eine Quantifizierung von Risiken, die sich aus Sabotage, Terroranschlägen oder Kriegshandlungen ergeben, ist üblicherweise nicht Gegenstand einer PSA für KKW und wird dementsprechend auch in den PSA der Schweiz nicht vorgenommen. Die Anforderungen an die Erstellung und Anwendung einer PSA sind in den Richtlinien ENSI-A05 (PSA: Qualität und Umfang) und ENSI-A06 (PSA: Anwendungen) festgehalten. Jeder Betreiber hat eine anlagenspezifische PSA entwickelt und aktualisiert diese regelmässig.

Im Berichtsjahr wurden unter anderem folgende Arbeiten durchgeführt:

■ Das ENSI hat die Stellungnahmen zu den Hochwassernachweisen, die alle Betreiber gemäss Verfügung vom November 2021 zu führen hatten, im Aufsichtsjahr weitgehend abgeschlossen.

■ Das Kernkraftwerk Beznau (KKB) hat dem ENSI ein überarbeitetes PSA-Modell eingereicht. Das KKB setzte Forderungen um und aktualisierte die Zuverlässigkeitsdaten.

■ Das Kernkraftwerk Gösgen (KKG) hat unter anderem eine Forderung aus der Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2018 fristgerecht erfüllt: Es galt, die Stufe-2-PSA für den Nichtleistungsbetrieb bezüglich der Minimierung des Freisetzungsriskos zu prüfen und zu aktualisieren. Das KKG hat die Modellierung der Containment-Entwässerungsleitungen im Nichtleistungsbetrieb der aktuellen Anlagenfahrweise und somit dem tatsächlichen Zustand der Anlage angepasst. Das führt zu einer deutlichen Reduktion des Freisetzungsriskos.

■ Das Kernkraftwerk Leibstadt hat die Vorschrift zu präventiven Massnahmen nach einer Extremwetterwarnung aktualisiert. Gegenstand ist die Behebung von Verbesserungsbedarf, der während einer Inspektion festgestellt wurde.

Die International Atomic Energy Agency (IAEA) empfiehlt für bereits bestehende Anlagen im Leistungsbetrieb ein probabilistisches Sicherheitsziel einer Kernschadenshäufigkeit von kleiner als 10^{-4} pro Jahr. Sämtliche KKW in der Schweiz halten dieses Ziel gemäss den per Ende 2024 vorliegenden Analysen ein.

10.2 Risikotechnische Beurteilung der Betriebserfahrung

Die probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung der KKW der Schweiz erfolgt auf zwei Arten: einerseits durch eine zusammenfassende Bewertung des gesamten Vorjahrs und andererseits laufend durch die

risikotechnische Bewertung einzelner Vorkommnisse. Im Folgenden wird auf die beiden Analysen eingegangen.

Alle Kernkraftwerksbetreiber reichten eine probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung des Vorjahrs (2023) 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.

Sowohl das wartungsbedingte, inkrementelle kumulative Risiko als auch die wartungsbedingten Risikospitzen für das Jahr 2023 erfüllten die Anforderungen gemäss der Richtlinie ENSI-A06.

Ein latenter Fehler einer Komponente liegt vor, wenn diese während ihres Bereitschaftszustands nicht vollumfänglich funktionsfähig ist. Für das kumulative Risiko können sie wichtig sein, weil hier neben der momentanen Risikoerhöhung durch eine Komponentenunverfügbarkeit auch die Dauer der Unverfügbarkeit eine Rolle spielt. Im Jahr 2023 wurde in keinem der Schweizer KKW ein latenter Fehler mit risikotechnischem Einfluss beobachtet.

Bewertung der meldepflichtigen Vorkommnisse

Meldepflichtige Vorkommnisse werden gemäss der Richtlinie ENSI-B03 (Meldungen der Kernanlagen) und ENSI-A06 in Ergänzung zur deterministischen Betrachtungsweise systematisch mit der PSA bewertet. Dazu wird die inkrementelle bedingte Kernschadenswahrscheinlichkeit eines Vorkommnisses ($ICCDP_{Vorkommnis}$) gemäss der Richtlinie ENSI-A06 berechnet. Vorkommnisse mit einer $ICCDP_{Vorkommnis}$ grösser als 10^{-8} werden anhand der $ICCDP_{Vorkommnis}$ einer der Stufen 0 bis 3 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet.

Im Jahr 2024 waren alle meldepflichtigen Vorkommnisse risikotechnisch unbedeutend. Das heisst, sie wurden auf der internationalen Ereignisskala INES aufgrund der Risikobewertung der Stufe 0 zugeordnet (IC-

$CDP_{Vorkommnis}$ mindestens 10^{-8} , jedoch kleiner als 10^{-6}) oder nicht eingestuft ($ICCDP_{Vorkommnis}$ kleiner als 10^{-8}).

10.3 ADAM-System

Dem ENSI werden über ein separates Übermittlungsnetz im Zweiminutentakt von jedem Schweizer KKW relevante Anlagenparameter (ANPA) zugestellt. Im ENSI werden die ANPA-Werte vom ADAM-System (Accident Diagnostics, Analysis and Management) verarbeitet.

Das System besteht aus vier Modulen mit unterschiedlichen Funktionen:

- Das PI-Modul unterstützt den Pikettingenieur (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.

- Das Diagnosemodul interpretiert die ANPA-Werte und liefert Hinweise zu möglichen Ursachen eines Störfalls und zum Zustand wichtiger Anlagenteile.

- Mit dem Simulationsmodul können Unfallabläufe simuliert werden. Damit kann der Eintrittszeitpunkt bestimmter kritischer Ereignisse bei einem schweren Unfall (Kernschaden, Versagen des Reaktordruckbehälters, gefilterte Druckentlastung usw.) abgeschätzt werden.

- Das STEP-Modul (Source Term Estimation Program) verwendet ANPA-Werte und Benutzereingaben, um Quellterme (Menge und Zeitverlauf der Freisetzung radioaktiver Stoffe) bei einem schweren Unfall abzuschätzen. Diese Quellterme wiederum können für Ausbreitungsrechnungen verwendet werden.

Im Jahr 2024 wurden ENSI-interne Schulungen im Umgang mit dem Programm durchgeführt.

10.4 Kerntechnische Ausbildung

Die Betreiber der schweizerischen KKW gründeten im August 2020 die Nukleartechnikerschule NTS. Die Schule ist in den Räumlichkeiten der ABB Technikerschule in Baden eingemietet. Die NTS bezweckt die Aus- und Weiterbildung im Bereich der

Nukleartechnologie und insbesondere die kerntechnische Grundausbildung für das lizenzierte Personal der KKW. Die NTS bietet Kurse und Lehrgänge auf dem Niveau einer höheren Fachschule gemäss dem Bundesgesetz über die Berufsbildung und den einschlägigen Verordnungen an. Vor der Gründung der NTS hat die ehemalige Reaktorschule des Paul Scherrer Instituts diese Kurse angeboten.

Seit dem 1. Januar 2022 ist die NTS komplett selbstständig. Ihr Qualitätsmanagementsystem ist nach der Norm 21001:2018, Managementsysteme für Bildungsorganisationen, zertifiziert.

Erfolgreiche Ausbildungsabschlüsse

Im Berichtsjahr haben sechs Studentinnen und Studenten die kerntechnische Grundausbildung an der NTS abgeschlossen. Im November erlangten 15 Absolventinnen und Absolventen mit der Zulassungsprüfung zum Reaktoroperator B und einer Diplomarbeit das HF-Diplom.

Im Januar starteten sechs Studentinnen und Studenten mit der kerntechnischen Grundausbildung an der NTS.

Im Herbst führte die NTS zudem den 18-tägigen Einführungskurs in die Kerntechnik durch. Im Einführungskurs Kerntechnik werden die für die nukleare Sicherheit relevanten technischen und naturwissenschaftlichen Grundlagen der Nukleartechnologie vermittelt. Der Kurs richtet sich an das leitende Personal und an das nicht zulassungspflichtige technisch-wissenschaftliche Personal von kerntechnischen Anlagen sowie an das Personal der Nuklearsicherheitsbehörde. Der Einführungskurs war mit 17 Teilnehmerinnen und Teilnehmern ausgebucht.

10.5 Aus- und Fortbildung im Strahlenschutz

Das ENSI übt gestützt auf die Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung die Aufsicht über die Ausbildung im Strahlenschutz aus. Hierzu zählt unter anderem die Anerkennung von Kursen für das Strahlenschutzpersonal, das in den Kernanlagen

eingesetzt wird. Die gesetzlichen Vorgaben regeln dabei gezielt die Einsatzgebiete und die sogenannten «erlaubten Tätigkeiten» für das Strahlenschutz-Personal in den drei Kategorien Strahlenschutz-Sachverständige, Strahlenschutztechnikerinnen und -techniker und Strahlenschutzfachkräfte. Für die Anerkennung der Ausbildung wird die Teilnahme an einem vom ENSI anerkannten Ausbildungskurs von mehreren Wochen Dauer sowie ausreichende praktische Erfahrungen im Strahlenschutz vorausgesetzt.

10.5.1 Aus- und Fortbildungen am PSI-Bildungszentrum

Das Paul Scherrer Institut (PSI) bietet verschiedene vom ENSI anerkannte Ausbildungs- und Fortbildungskurse für Strahlenschutz-Sachverständige (Berufsgruppe K1), für Strahlenschutztechnikerinnen und -techniker (Berufsgruppe K2) sowie für Strahlenschutzfachkräfte (Berufsgruppe K3) an.

Im Berichtsjahr überarbeitete das PSI-Bildungszentrum den sechswöchigen Ausbildungskurs für Strahlenschutz-Sachverständige (K310). Das ENSI erteilte dem PSI im Dezember die erneute Anerkennung mit einer Gültigkeit von zehn Jahren.

Länderübergreifender Austausch

Vorwiegend mit Deutschland findet ein länderübergreifender Austausch von Fachpersonal statt, um den temporär erhöhten Bedarf an fachkundigem Personal während der Jahresrevisionen in den KKW zu decken. Dabei ist es unerlässlich, länderspezifische Unterschiede, vor allem bezüglich der Vorgaben der Strahlenschutzgesetzgebung, gezielt zu schulen. Das ENSI anerkannte im Vorjahr die folgenden Zusatzausbildungen: die Ausbildung für Strahlenschutzfachkräfte mit IHK-Zertifikat (Industrie- und Handelskammer) für den auf KKW eingeschränkten Einsatzbereich (K333) und für den uneingeschränkten Einsatzbereich (K334). Die Ausbildungen fanden im März zum ersten Mal statt.

Der Ausbildungskurs zur Strahlenschutzfachkraft (K314) fand im vierten Quartal des

Berichtsjahrs statt. Ferner führte das PSI-Bildungszentrum im März, Juli und Oktober insgesamt drei Fortbildungskurse für Strahlenschutzpersonal in Kernanlagen der drei Berufsgruppen durch.

Insgesamt führte das PSI-Bildungszentrum sechs Aus- und Fortbildungskurse für die schweizerischen Kernanlagen durch, an denen insgesamt 93 Personen teilnahmen. An sieben Kursen mit Bezug zu Transporten radioaktiver Gefahrgüter nahmen insgesamt 52 Personen teil.

10.5.2 Zusatzkurs für IHK-Strahlenschutz-fachkräfte

Das ENSI anerkannte im Jahr 2021 einen Aus- und Fortbildungskurs für Fachkräfte mit IHK-Zertifikat. Entwickelt wurde der Kurs von der Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleitern (GSKL). Der Kurs fand im April mit 33 Teilnehmerinnen und Teilnehmern statt.

Anhang

Erläuterungen zur Sicherheitsbewertung	105
Abbildung 1: ENSI-Sicherheitsbewertungsskala	106
Abbildung 2: Definition der ENSI-Kategorien G, N, V und A	108
Tabelle 1: Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2024	109
Tabelle 2: Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2024	109
Tabelle 3: Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2024	109
Tabelle 4: Meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2024	110
Tabelle 5: Kollektivdosen in den schweizerischen Kernkraftwerken im Berichtsjahr	111
Tabelle 6: Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und bei der Sammelstelle des Bundes am PSI per 31.12.2024	111
Tabelle 7: Radioaktive Abfälle in den Anlagen der Zwiilag per 31.12.2024	111
Figur 1: Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung 2015–2024	112
Figur 2: Meldepflichtige Vorkommnisse 2015–2024	113
Figur 3: Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams) 2015–2024	114
Figur 4: Brennstabschäden (Anzahl Stäbe) 2015–2024	115
Figur 5a: Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	116
Figur 5b: Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	116

Erläuterungen zur 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 und die Sicherheitsindikatoren 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 3 unter dem Punkt «Sicherheitsbewertung» dargestellt.

Abbildung 1: ENSI-Sicherheitsbewertungsskala, 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	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	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	0 Kriterien gemäss INES-Manual	0 Kriterien gemäss INES-Manual
Vorkommnisklassierungen: Radioaktive Abgaben an die Umwelt	Vorkommnisklassierungen: Strahlenexposition des Personals	Vorkommnisklassierungen: Gestaffelte Sicherheitsvorsorge
Teilskala 1	Teilskala 2	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	7	7 Schwerwiegender Unfall
	6	6 Ernsthafter Unfall
	5	5 Unfall mit Gefährdung der Umgebung
	4	4 Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung
	3	3 Ernsthafter Zwischenfall
0 ICCDP_{Vork.} < 1E-6	2	2 Zwischenfall
	1	1 Anomalie
	unterhalb der Skala	A Abweichung
		V Verbesserungsbedarf
		N Normalität
		G Gute Praxis
Vorkommnisklassierungen: ICCDP_{Vorkommnis} gemäss ENSI-A06	INES	Zellenbewertungen in Sicherheitsbewertungsmatrix
	ENSI	

Teilskala 4

Kategorien	Kriterien
≥ 1	nach INES-Kriterien
A Abweichung	– als Vorkommnis gemäss Richtlinie ENSI-B03 meldepflichtiger Sachverhalt, der nicht als INES ≥ 1 einzustufen ist – Abweichung von einem Gesetz, einer Verordnung, einer behördlichen Richtlinie, welche gesetzliche Anforderungen präzisiert, oder von Vorgaben in freigabepflichtigen Dokumenten, falls die Abweichung eine relevante Auswirkung auf die nukleare Sicherheit hat – bei Vorkommnissen: $10^{-8} < ICCDP_{\text{Vork.}} < 10^{-6}$
V Verbesserungsbedarf	– generell: zu behebende Schwachstelle mit Bedeutung für die nukleare Sicherheit, die kein Kriterium für eine höhere Einstufung erfüllt – Abweichung von einem Gesetz, einer Verordnung, einer behördlichen Richtlinie, welche gesetzliche Anforderungen präzisiert, oder von Vorgaben in freigabepflichtigen Dokumenten, falls die Abweichung eine Auswirkung von klar untergeordneter Bedeutung auf die nukleare Sicherheit hat – Abweichung von Vorgaben in nicht freigabepflichtigen Dokumenten, falls die Abweichung eine Bedeutung für die nukleare Sicherheit hat – Im Fall einer besonderen Bedeutung, ist eine Höherstufung auf A möglich.
N Normalität	– Erfüllung der Vorgaben
G Gute Praxis	– Erfüllung der Vorgaben und deutliches Übertreffen der Praxis in anderen Anlagen

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

	KKB 1	KKB 2	KKG	KKL
Thermische Leistung [MW]	1130	1130	3002	3600
Elektrische Bruttoleistung [MW]	380	380	1060	1285
Elektrische Nettoleistung [MW]	365	365	1010	1233
Reaktortyp	Druckwasser	Druckwasser	Druckwasser	Siedewasser
Reaktorlieferant	Westinghouse	Westinghouse	KWU	GE
Turbinenlieferant	BBC	BBC	KWU	BBC
Generatordaten [MVA]	2.228	2.228	1250	1360
Kühlung	Flusswasser	Flusswasser	Kühlturm	Kühlturm
Kommerzielle Inbetriebnahme	1969	1972	1979	1984

Tabelle 1:
Hauptdaten der
schweizerischen
Kernkraftwerke 2024

	KKB 1	KKB 2	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	7589	9447	23994,5	28590,7
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	2436,4	3031,4	7929,3	9635,5
Abgegebene thermische Energie [GWh]	136,8	33,2	210,8	0
Zeitverfügbarkeit ¹ [%]	76,8	96,3	91,2	91,1
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	13	3,7	9,1	9,1
Arbeitsausnutzung ² [%]	76,2	94,6	90,4	89,2
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	1	0	0	1
Unvorhergesehenes Abfahren der Anlage	0	0	0	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen ³ (> 10 % Pn)	1	1	1	1

Tabelle 2:
Betriebsdaten der
schweizerischen
Kernkraftwerke 2024

¹ Zeitverfügbarkeit (in %): Zeit, in der das Werk in Betrieb beziehungsweise in betriebsbereitem Zustand ist
² Arbeitsausnutzung (in %): Produzierte Energie, bezogen auf die Nennleistung und eine hundertprozentige Zeitverfügbarkeit
³ > 10 % Pn an der Tagesleistung gemessen

	KKB 1 + 2	KKM	KKG	KKL
Reaktoroperateure	35 (34)	– (9)	29 (28)	31 (32)
Schichtchefs	29 (29)	– (10)	21 (19)	21 (15)
Pikettingenieure	15 (15)	9 ¹ (11) ¹	11 (12)	13 (13)
Strahlenschutz-Sachverständige	8 (8)	4 (3)	6 (7)	5 (5)
Strahlenschutzfachkräfte	12 (11)	17 (15)	6 (6)	13 (13)
Strahlenschutztechniker	7 (7)	10 (15)	6 (6)	5 (5)
Gesamtbelegschaft (Personen, FTE ²)	530 ± 514 FTE (509 ± 494 FTE)	282 ± 272 FTE (273 ± 266 FTE)	614 ± 587 FTE (598 ± 570 FTE)	538 ± 526 FTE (502 ± 494 FTE)

Tabelle 3:
Bestand an zulas-
sungspflichtigem
Personal und
Gesamtbelegschaft in
den Kernkraftwerken
(ohne Lernende)
Ende 2024
(in Klammern Werte
von 2023)

¹ Hier sind die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Rufbereitschaft aufgeführt, die seit Beginn der Stilllegung Aufgaben einer Pikettingenieurin oder eines Pikettingenieurs wahrnehmen.
² Full-Time-Equivalent

Datum*	KKW	Vorkommnis	Einstufung INES
06.02.2024	KKG	Deformation des Antriebswagens	0
09.02.2024	KKL	Nichterfüllen der Spezifikation eines Abfallgebindes	0
22.03.2024	KKB 1	Nichtverfügbarkeit eines Messkanals zur Überwachung des Reaktordrucks	0
03.04.2024	KKB 2	Ungeplante Auslösung der Halonlöschung	0
10.04.2024	KKL	Störungsbedingtes Schliessen eines Treibdampfregelventils	0
11.04.2024	KKG	Fehleinfall eines Steuerstabs	0
18.04.2024	KKB 1	Ausfall der Spannungsversorgung einer Schiene	0
26.04.2024	KKG	Fremdkörper im Schmierölsystem	0
29.04.2024	KKL	Fehler im Schalterversagerschutz	0
04.05.2024	KKL	Bruch einer katalytischen Sonderschraube	0
09.05.2024	KKB 2	Leckage am Messstutzen eines Speisewasserbehälters	0
12.05.2024	KKB 1	Leckagen im Chemie- und Volumenregelsystem	0
16.05.2024	KKB 2	Ausfall einer Fremdnetzeinspeisung	0
05.06.2024	KKL	Nichterfüllen der Spezifikation eines Abfallgebindes	0
10.06.2024	KKG	Leckage an einer Sprühflutleitung einer Löschanlage	0
14.06.2024	KKL	Fehlerhaftes dynamisches Verhalten einer Prüflögluk	0
25.06.2024	KKG	Störung eines Impulskanals	0
04.07.2024	KKL	Zu hohe Ortsdosisleistung ausserhalb der kontrollierten Zone	0
06.07.2024	KKB 1	Öffnen des Leistungsschalters einer Turbogruppe	0
10.07.2024	KKG	Leckage am Faltenbalg eines Sicherheitsventils	0
11.07.2024	KKB 2	Bruch am Antriebsgehäuse einer Drehklappe im Notstandbrunnensystem	0
11.07.2024	KKG	Ausfall des Kugelmesssystems	0
16.07.2024	KKB	Nichterfüllen der Spezifikation beladener CASTOR®-Behälter	0
09.08.2024	KKB 2	Ausfall einer Pumpe im Restwärmesystem	0
12.08.2024	KKB 1	Blockiertes Speisewasserregelventil	0
19.09.2024	KKG	Korrosion und Leckage im Nebenkühlwassersystem	0
22.09.2024	KKG	Fremdkörper im Sperrwassersystem	0
30.09.2024	KKL	Einsatz von externem Personal in der kontrollierten Zone ohne Bewilligung	0
30.09.2024	KKM	Störung in der Kaminfortluftüberwachung	0
09.10.2024	KKB 1	Ausfall der Nuklearinstrumentierung	0
09.10.2024	KKL	Abweichung beim beladespezifischen Abschirmnachweis für Behälter	0
15.10.2024	KKG	Rissbedingte Leckage im Schmierölsystem	0
09.12.2024	KKB 2	Leckage am Kolbengehäuse einer Ladepumpe	0
23.12.2024	KKB 2	Leckage am Kolbengehäuse einer Ladepumpe	0

Tabelle 4:
Meldepflichtige
Vorkommnisse im
Bereich der nuklearen
Sicherheit 2024

* Vorkommniseintritt oder Zeitpunkt, zu dem das Vorliegen eines meldepflichtigen Vorkommnisses erkannt worden ist

	KKB 1		KKB 2		KKG		KKL		KKM	
Betriebszustand	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Brennelementwechsel	57			47						
Revisionsstillstand		648	318		300	277	673	928		
Stilllegung									415	945
Leistungsbetrieb*	35	43	33	47	80	70	273	256		
Total	92	691	351	94	380	347	946	1184	415	945

* Die ausgewiesenen Kollektivdosen für den Leistungsbetrieb beinhalten alle Dosen, die nicht während eines Brennelementwechsels oder des Revisionsstillstands angefallen sind.

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

	unkonditioniert			konditioniert		
	Anfall	Auslagerung ¹	Bestand	Produktion	Auslagerung ²	Bestand
PSI	30	5	538	54 ³	18 ⁴	1789
KKB	29	0	58	6	17	1196
KKM	139	140	143	79	72	56
KKG	17	22	22	0	0	102
KKL	53	56	3	32	6	1470
Total	268	223	764	171	113	4613
				Zugang		Bestand
Anzahl Behälter mit Brennelementen im KKB				3	–	22

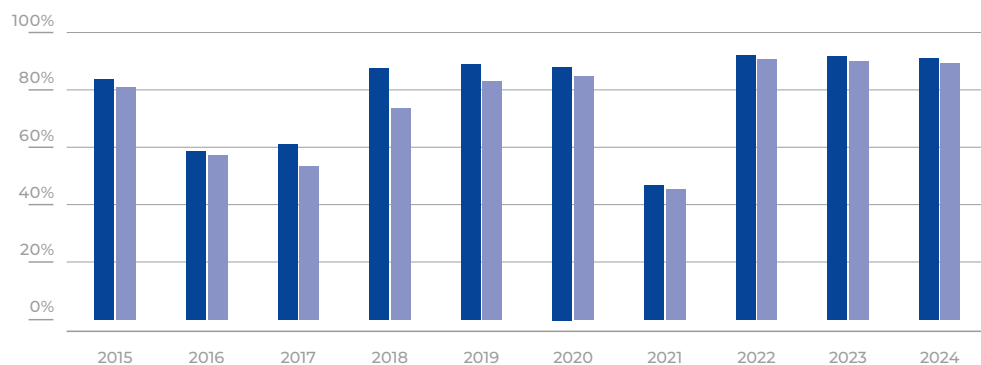
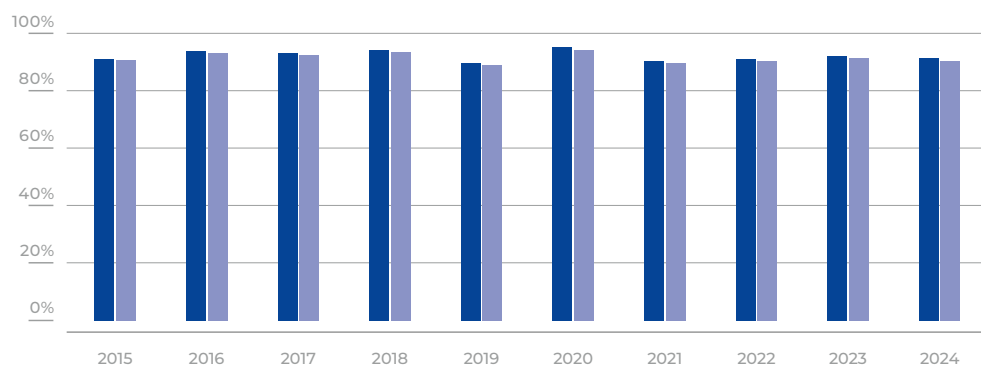
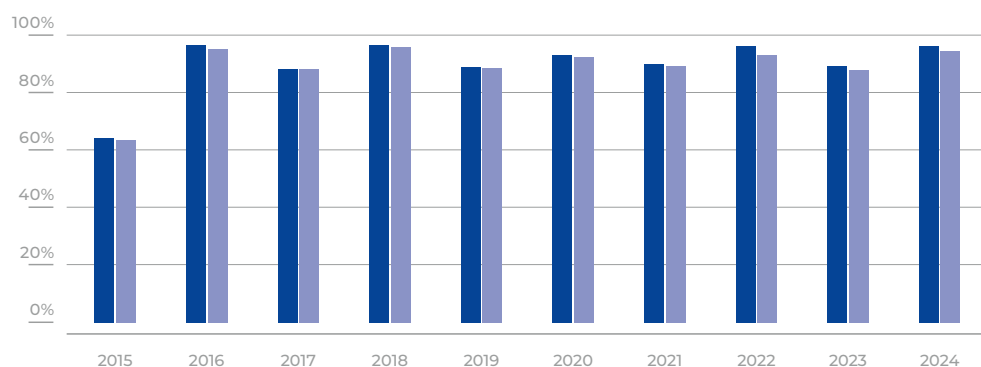
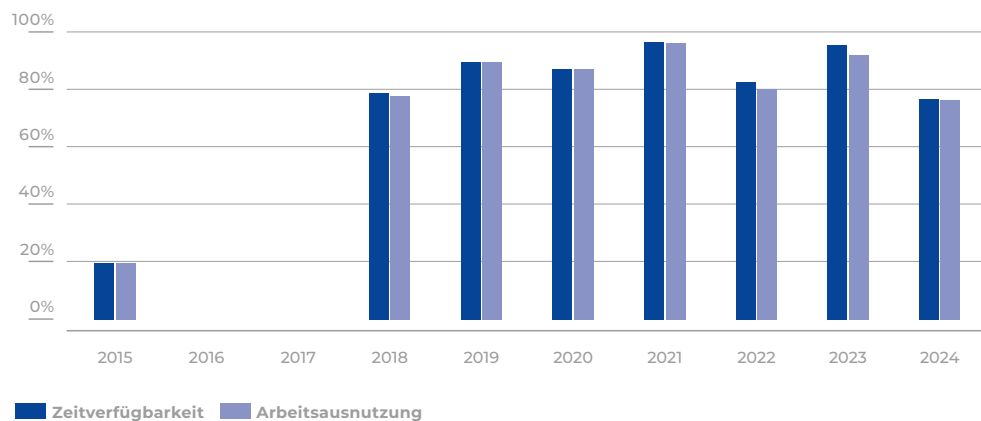
Tabelle 6:
Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und bei der Sammelstelle des Bundes am PSI per 31.12.2024 (inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung), Bruttovolumina gerundet in m³

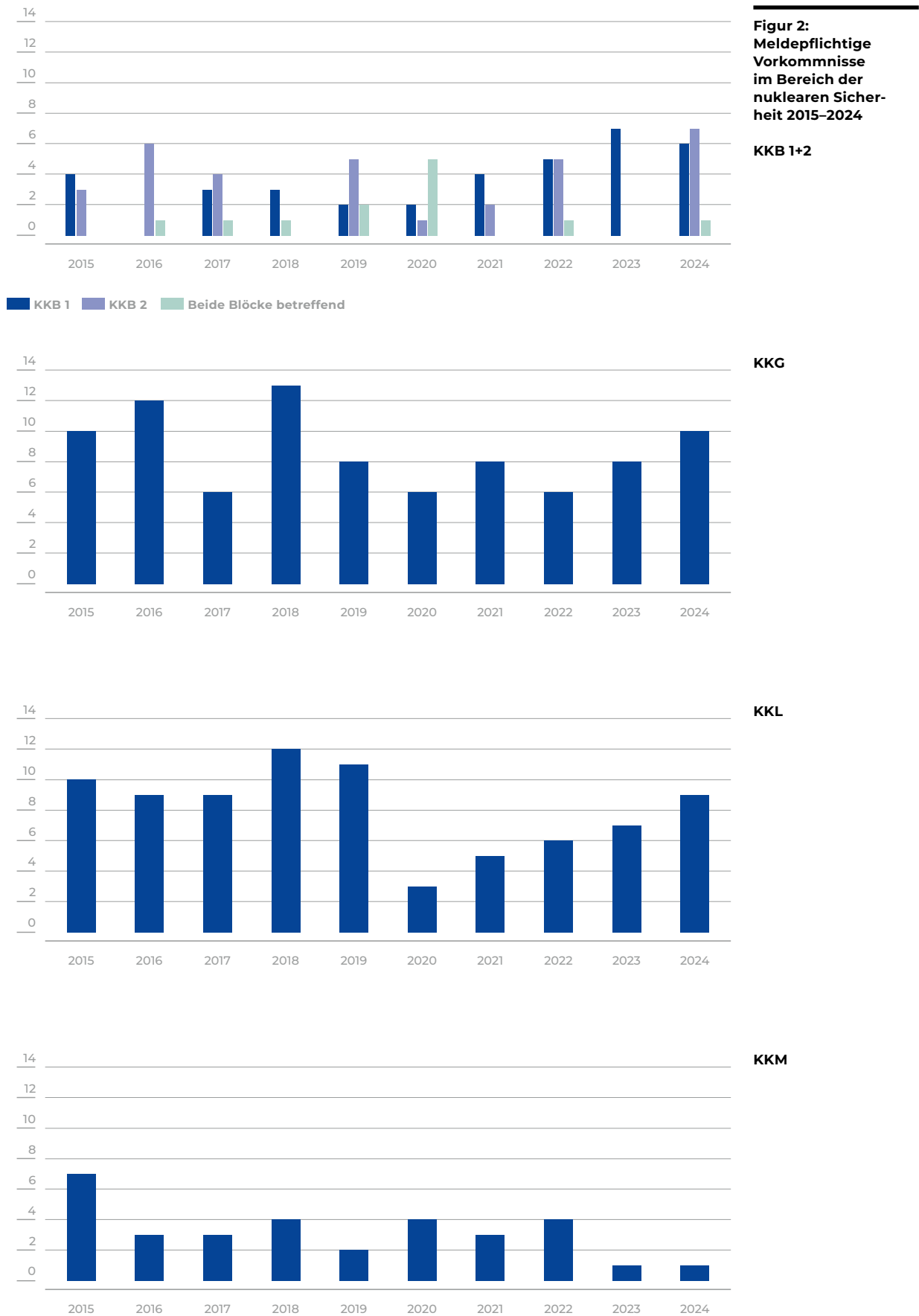
- ¹ Bruttovolumen der im Berichtsjahr zur ZwiIag transferierten Abfälle für die Behandlung in der Plasma-Anlage und der Konditionierungsanlage
² Transfer konditionierter Abfälle zur Zwischenlagerung bei der ZwiIag
³ Rückführung von zusätzlichen 24 m³ konditionierten Abfällen aus der ZwiIag ans PSI
⁴ Transfer eines Grosscontainers aus dem PSI-West zur temporären Lagerung in der ZwiIag

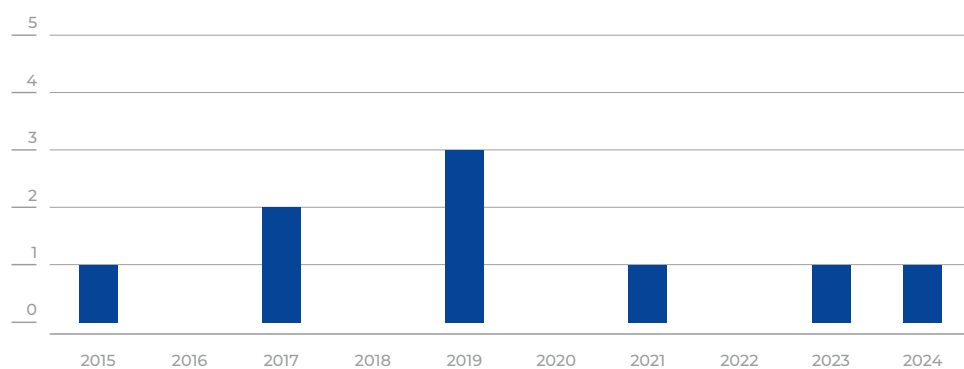
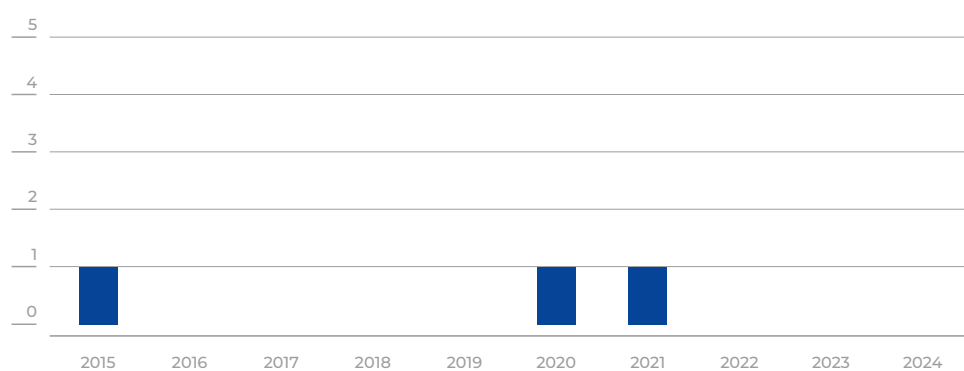
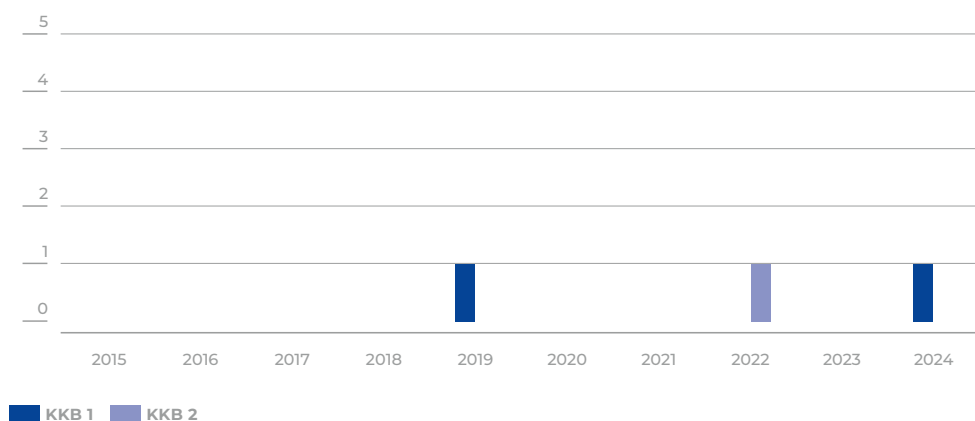
	unkonditioniert			konditioniert
	Anfall ^{1,2}	Annahme zur Konditionierung beziehungsweise Triage ²	Bestand ³	Produktion
Verarbeitung [m³]	52	248	2186	17
Bestand (konditionierte Abfälle)		Einlagerung	Auslagerung	Bestand
Bruttovolumen konditionierter Abfälle ⁴ [m³]		131	24	3436
Anzahl Behälter mit Brennelementen		2	–	63
Anzahl Behälter mit Glaskokillen		–	–	23
Anzahl Behälter mit Lucens-Abfällen		–	–	6

Tabelle 7:
Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZwiIag per 31.12.2024

- ¹ Hierin enthalten sind:
– Sekundärabfälle aus allen Betriebsbereichen der ZwiIag
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 ZwiIag ausgenommen separat aufgeführtem Bestand des HAA-Lagers





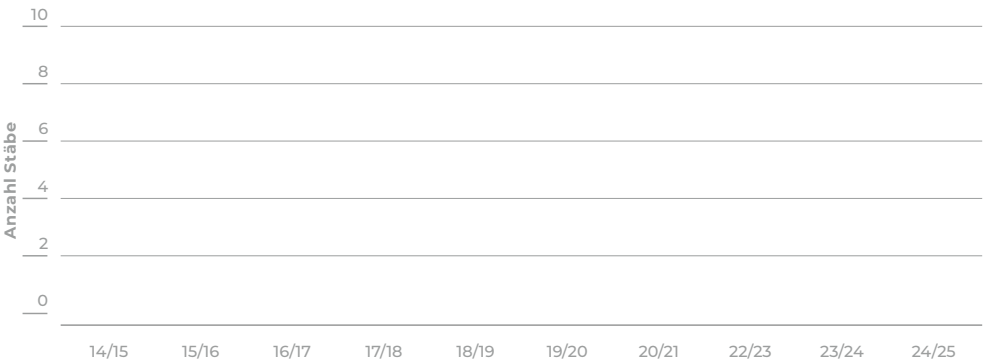




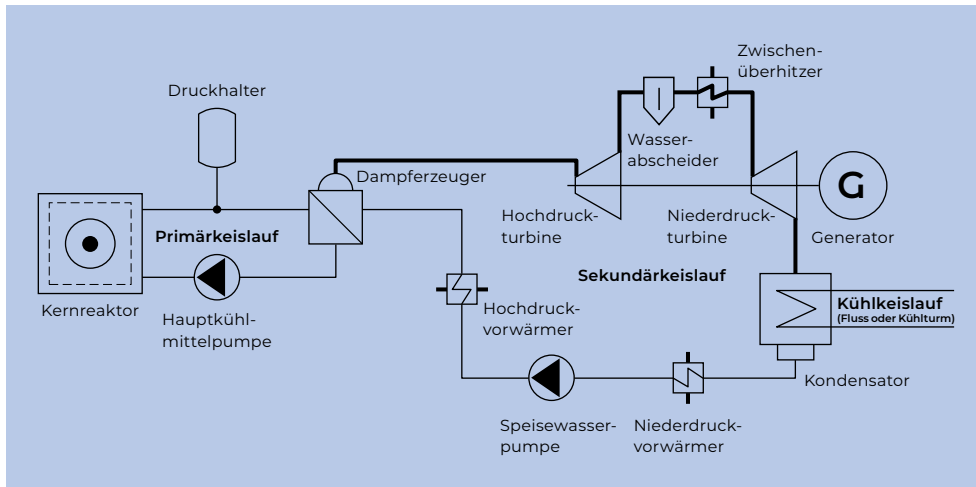
Figur 4:
Brennstabschäden
(Anzahl Stäbe)
2015–2024
KKB 1+2



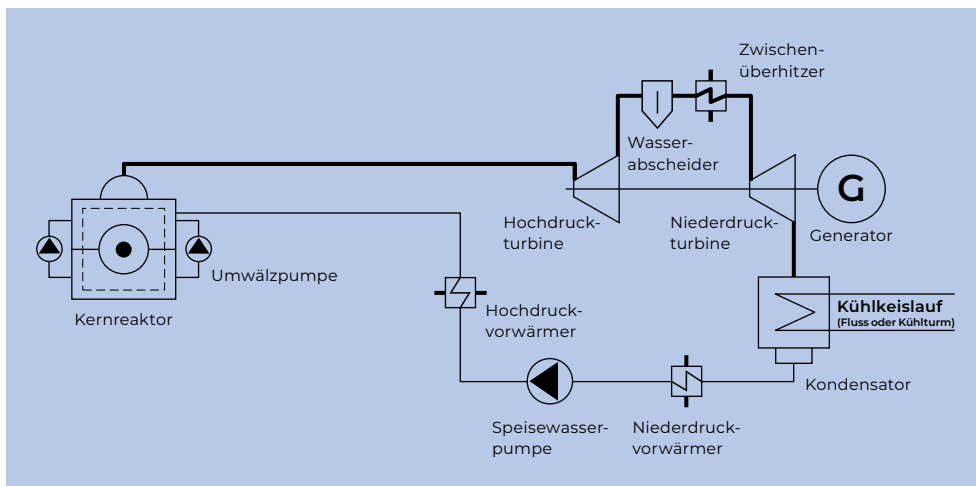
KKG



KKL



Figur 5a:
Funktionsschema
eines Kernkraft-
werks mit Druck-
wasserreaktor



Figur 5b:
Funktionsschema
eines Kernkraft-
werks mit Siede-
wasserreaktor

Herausgeber:
Eidgenössisches
Nuklearsicherheits-
inspektorat ENSI
Industriestrasse 19
CH-5201 Brugg

+41 (0)56 460 84 00
info@ensi.ch
www.ensi.ch

© ENSI, Juni 2025

ENSI-AN-12200
ISSN 1661-2876 (online)

ENSI
Industriestrasse 19
5201 Brugg
Schweiz

+41 (0)56 460 84 00
info@ensi.ch
www.ensi.ch