

AUFSICHTS- BERICHT 2022

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 2022

**zur nuklearen Sicherheit in den
schweizerischen Kernanlagen**

Rapport de Surveillance 2022

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

Regulatory Oversight Report 2022

**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 Anlagentechnik	23
1.4 Strahlenschutz	25
1.5 Radioaktive Abfälle	26
1.6 Notfallbereitschaft	27
1.7 Personal und Organisation	28
1.8 Sicherheitsbewertung	29
2. Kernkraftwerk Gösgen	33
2.1 Überblick	33
2.2 Betriebsgeschehen	33
2.3 Anlagentechnik	36
2.4 Strahlenschutz	38
2.5 Radioaktive Abfälle	39
2.6 Notfallbereitschaft	40
2.7 Personal und Organisation	40
2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	41
2.9 Sicherheitsbewertung	41
3. Kernkraftwerk Leibstadt	45
3.1 Überblick	45
3.2 Betriebsgeschehen	45
3.3 Anlagentechnik	48
3.4 Strahlenschutz	49
3.5 Radioaktive Abfälle	50
3.6 Notfallbereitschaft	50
3.7 Personal und Organisation	51
3.8 Sicherheitsbewertung	52
4. Kernkraftwerk Mühleberg	55
4.1 Überblick	55
4.2 Vorkommnisse	55
4.3 Anlageänderungen	56
4.4 Brennelemente	57
4.5 Strahlenschutz	57
4.6 Radioaktive Abfälle	59
4.7 Notfallbereitschaft	59
4.8 Personal und Organisation	60

5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen	63
5.1 Zwischenlagergebäude	63
5.2 Konditionierungsanlage	63
5.3 Plasma-Anlage	64
5.4 Strahlenschutz	64
5.5 Notfallbereitschaft	65
5.6 Personal und Organisation	66
5.7 Vorkommnis	66
5.8 Gesamtbeurteilung	67
6. Paul Scherrer Institut	69
6.1 Hotlabor	69
6.2 Kernanlagen in der Stilllegung oder im Rückbau	70
6.3 Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle	72
6.4 Strahlenschutz	75
6.5 Notfallbereitschaft	75
6.6 Personal und Organisation	76
6.7 Vorkommnisse	77
7. Weitere Kernanlagen	79
7.1 École Polytechnique Fédérale de Lausanne EPFL	79
8. Transporte und Behälter	81
8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	81
8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	82
8.3 Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung	82
8.4 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	83
8.5 Inspektionen und Audits	84
9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle	87
9.1 Einleitung	87
9.2 Sachplan geologische Tiefenlager	88
9.3 Sondierbohrungen für die Etappe 3	90
9.4 Kostenstudie	91
9.5 Entsorgungsprogramm	91
9.6 Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung	92
9.7 Felslaboratorien	92
9.8 Internationaler Wissenstransfer	93
10. Anlagenübergreifende Themen	97
10.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen	97
10.2 Risikotechnische Beurteilung der Betriebserfahrung	98
10.3 ADAM-System	98
10.4 Kerntechnische Ausbildung	99
10.5 Aus- und Fortbildung im Strahlenschutz	99
Anhang	102

Vorwort

Beim Betrieb der Schweizer Kernanlagen wurden im Jahr 2022 die gesetzlichen Sicherheits- und Strahlenschutzvorgaben eingehalten. Das ENSI bewertet den sicherheitstechnischen Zustand der in Betrieb stehenden Kernkraftwerke als gut. Der Schutz der Bevölkerung und des Personals vor radioaktiver Strahlung war zu jeder Zeit gewährleistet. Die Kernkraftwerke meldeten 27 Vorkommnisse, die das ENSI alle der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zuordnete. Sie hatten somit eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Im Jahr 2022 kam es zu einer Reaktorschnellabschaltung: Am 7. Oktober wurde der Reaktor des Kernkraftwerks Beznau 2 aufgrund einer technischen Störung im Turbinenbereich automatisch abgeschaltet. Das Kernkraftwerk Leibstadt meldete am 25. September aufgrund einer Turbinenabschaltung einen kurzen Unterbruch des Leistungsbetriebs. Der Brennelementwechsel im Kernkraftwerk Beznau 2 und die Revisionsstillstände in den anderen Schweizer Kernkraftwerken führten zu geplanten Unterbrüchen des Leistungsbetriebs.

Das Kernkraftwerk Mühleberg befindet sich in der Phase I der Stilllegung. Sie wird andauern, bis die letzten Brennelemente abtransportiert sind. Ende 2022 befanden sich noch 215 Brennelemente und 108 Steuerstäbe im Brennelement-Lagerbecken in Mühleberg. Im Berichtsjahr fanden vier Brennelement-Transportkampagnen statt: Insgesamt wurden 203 Brennelemente zunächst in das Zentrale Zwischenlager der Zwilag in Würenlingen transportiert und später für die Zwischenlagerung in vier Transport- und Lagerbehälter umgeladen. Ein besonderes Augenmerk galt im Berichtsjahr daher auch den Strahlenschutzmassnahmen beim Abtransport der Brennelemente. Eine weitere Herausforderung stellte der optimierte Strahlenschutz im Kernkraftwerk Mühleberg dar, wo neben den radiologischen Gegebenheiten auch die Risiken durch Bauschadstoffbelastungen zu beachten waren.

Die in der Schweiz anfallenden radioaktiven Abfälle sollen nach der Zwischenlagerung dauerhaft in einem geologischen Tiefenlager verwahrt werden – die schwach- und mittelaktiven Abfälle voraussichtlich ab 2050 und die hochaktiven Abfälle ab 2060. Im Rahmen des Sachplanverfahrens geologische Tiefenlager läuft in der Schweiz seit 14 Jahren die entsprechende Standortsuche. Im September 2022 kündigte die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) an, dass sie ein geologisches Tiefenlager für alle radioaktiven Abfälle im Standortgebiet Nördlich Lägern in Stadel (Kanton Zürich) favorisiert. Die Verpackungsanlage für hochaktive Abfälle soll am Standort des Zentralen Zwischenlagers in Würenlingen zu stehen kommen. Voraussichtlich gegen Ende 2024 wird die Nagra die entsprechenden Rahmenbewilligungsgesuche einreichen, die das ENSI prüfen wird. Nach der Erteilung der Rahmenbewilligung werden im Standortgebiet voraussichtlich zu Beginn der Dreissigerjahre erdwissenschaftliche Untersuchungen unter Tage durchgeführt (Errichtung eines Felslabors): Mit Experimenten werden damit weitere wichtige Erkenntnisse für den Bau des Lagers gewonnen. Das Tiefenlager wird als Kernanlage der Aufsicht des ENSI unterstellt sein.

Ein grosses Dankeschön spreche ich all meinen Kolleginnen und Kollegen aus. Sie überprüften im Berichtsjahr mit ihrer engagierten Arbeit – unter anderem mit knapp 500 Inspektionen – den Betrieb der Kernanlagen und trugen so wesentlich zur Stärkung der nuklearen Sicherheit und Sicherung in der Schweiz bei.

Marc Kenzelmann
Direktor
Juni 2023



Marc Kenzelmann

Préface

En 2022, lors de l'exploitation des installations nucléaires suisses, les exigences légales en matière de sécurité et de radioprotection ont été respectées. L'IFSN juge l'état de sécurité technique des centrales nucléaires en fonctionnement comme bon. La protection de la population et du personnel contre les rayonnements radioactifs a été garantie à tout moment. Les centrales nucléaires ont notifié 27 événements, que l'IFSN a tous classés au niveau 0 de l'échelle internationale des événements nucléaires INES. Ils avaient donc une faible importance pour la sécurité nucléaire. En 2022, un arrêt automatique de réacteur s'est produit. Le 7 octobre, le réacteur de la centrale nucléaire de Beznau 2 a été arrêté automatiquement en raison d'un dysfonctionnement technique au niveau de la turbine. La centrale nucléaire de Leibstadt a annoncé le 25 septembre une brève interruption de l'exploitation de puissance en raison d'un arrêt de la turbine. Le changement d'élément combustible à la centrale nucléaire de Beznau 2 et les arrêts pour révision dans les autres centrales nucléaires suisses ont entraîné les interruptions planifiées de l'exploitation de puissance.

La centrale nucléaire de Mühleberg se trouve dans la phase I de la désaffectation. Celle-ci se poursuivra jusqu'à ce que les derniers éléments combustibles soient transférés. Fin 2022, 215 assemblages combustibles et 108 barres de commande se trouvaient encore dans la piscine de stockage des assemblages combustibles de Mühleberg. Quatre campagnes de transport d'assemblages combustibles ont eu lieu au cours de l'année sous revue. Au total, 203 assemblages combustibles ont d'abord été transportés vers l'entrepôt intermédiaire central du Zwiilag à Würenlingen et ont ensuite été chargés dans quatre conteneurs de transport et d'entreposage pour le stockage intermédiaire. Au cours de l'année sous revue, une attention particulière a donc été accordée aux mesures de radioprotection lors du transfert des éléments combustibles. L'optimisation

de la radioprotection dans la centrale nucléaire de Mühleberg a constitué un autre défi, puisqu'il a fallu tenir compte non seulement des conditions radiologiques, mais aussi des risques liés à la présence de polluants dans les constructions.

Après leur stockage intermédiaire, les déchets radioactifs produits en Suisse doivent être conservés durablement dans un dépôt en couches géologiques profondes, les déchets faiblement et moyennement actifs probablement à partir de 2050 et les déchets hautement actifs à partir de 2060. Dans le cadre de la procédure du plan sectoriel « dépôts en couches géologiques profondes », la recherche de sites correspondante est en cours en Suisse depuis 14 ans. En septembre 2022, la Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (Nagra) a annoncé qu'elle privilégiait un dépôt en couches géologiques profondes pour tous les déchets radioactifs à Stadel (canton de Zurich), dans le domaine d'implantation Nord des Lägern. L'installation de conditionnement des déchets hautement actifs devrait être située sur le site du dépôt intermédiaire central de Würenlingen. C'est probablement vers la fin 2024 que la Nagra déposera les demandes d'autorisation générale correspondantes, qui seront examinées par l'IFSN. En tant qu'installation nucléaire, le dépôt en couches géologiques profondes sera soumis à la surveillance de l'IFSN.

J'adresse un grand merci à l'ensemble de mes collègues. Par leur travail engagé, elles et ils ont contrôlé l'exploitation des installations nucléaires au cours de l'année sous revue, notamment en effectuant près de 500 inspections, et ont ainsi largement contribué à renforcer la sécurité et la sûreté nucléaires en Suisse.

Marc Kenzelmann
Directeur
Juin 2023

Foreword

The operation of Swiss nuclear installations in 2022 complied with all statutory safety and radiation protection regulations and ENSI classified the safety status of the nuclear power plants in operation as good. Both the population and staff working at the plants were protected at all times. The nuclear power plants reported 27 incidents, all of which ENSI classified at Level 0 on the International Nuclear and Radiological Event Scale (INES). As such, they were insignificant in respect of nuclear safety. During 2022 there was one fast shutdown of a reactor: On 7 October the Beznau 2 Nuclear Power Plant was automatically shut down due to a technical malfunction in the area of the turbine. On 25 September, Leibstadt Nuclear Power Plant reported a brief interruption to its power operation because of a turbine shutdown. The refuelling in Beznau 2 Nuclear Power Plant and the annual overhaul in the other Swiss nuclear power plants led to planned interruptions in power operation.

Mühleberg Nuclear Power Plant is now in phase I of its decommissioning. This will continue until the last fuel elements have been transported off site. At the end of 2022, there were still 215 fuel elements and 108 control rods in the spent fuel pond at Mühleberg. During the reporting year, four fuel element transport operations took place, in which a total of 203 fuel elements were first transported to the Central Interim Storage Facility of Zwiilag in Würenlingen, and then later transferred into four transport and storage containers for interim storage. Special attention was therefore paid to radiation protection measures while the fuel elements were being transported away. A further challenge arose from the need for optimised radiation protection at Mühleberg Nuclear Power Plant where not only the radiological circumstances, but also risks due to building pollutants had to be taken into account.

Following intermediate storage, radioactive waste generated in Switzerland is to be permanently stored in a deep geological repository – the low and medium-level waste is expected to be stored in this way from 2050 and the high-level waste from 2060. As part of the sectoral plan process for deep geological repositories, a corresponding site search has been ongoing in Switzerland for the last 14 years. In September 2022, the National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste (Nagra) announced that it would favour a deep geological repository for all radioactive waste in the site area North of Lägern in Stadel (Canton of Zurich). The encapsulation plant for high-level waste is to be located at the Central Interim Storage Facility in Würenlingen. Nagra is expected to submit the relevant general licence applications at the end of 2024 which ENSI will then examine. After the granting of the general licence, geological investigations will probably be carried out underground in the site area at the start of the 2030s (construction of a rock laboratory): These experiments will make it possible to obtain further important insights for the construction of the repository. As a nuclear installation, the deep geological repository will be subject to oversight by ENSI.

I would like to warmly thank all my colleagues. In the reporting year, thanks to their dedicated work – including almost 500 inspections – they checked and oversaw the operation of the nuclear installations and thus made a significant contribution to strengthening nuclear safety and security in Switzerland.

Marc Kenzelmann
 Director General
 June 2023

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 Kraftwerken, 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 Kernanlagen beurteilt. Die geltenden Richtlinien sind auf der unter

www.ensi.ch zugänglichen Website des ENSI unter der Rubrik Dokumente in der Unter rubrik Richtlinien 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. 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 erste Stilllegungsphase 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 dem Forschungsreaktor 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 gut. In den KKW kam es im Jahr 2022 zu 27 meldepflichtigen Vorkommnissen: Fünf Vorkommnisse betrafen den Block 1, fünf den Block 2 und ein Vorkommnis betraf beide Blöcke des KKW Beznau. Sechs Vorkommnisse betrafen das KKW Gösgen und sechs das KKW Leibstadt. Das KKW Mühleberg, das sich in der Stilllegungsphase 1 befindet, verzeichnete vier Vorkommnisse. 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 Würenlingen

Das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen umfasst mehrere Zwischenlagergebäude, die Konditionierungsanlage und die Plasma-Anlage (Verbrennungs- und Schmelzanlage). Ende 2022 befanden sich in der Behälterlagerhalle 76 Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen sowie ein Behälter mit den Brennelementen aus dem stillgelegten Forschungsreaktor DIORIT des PSI und sechs Behälter mit Stilllegungsabfällen aus dem Versuchatomkraftwerk Lucens. Im Jahr 2022 wurden zwei Kampagnen zur Verbrennung und Einschmelzung von radioaktiven Abfällen durchgeführt. Bei der Zwiilag verzeichnete das ENSI im Berichtsjahr ein

meldepflichtiges Vorkommnis. 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. In den Kernanlagen des PSI waren im Jahr 2022 zwei meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Der Forschungsreaktor der EPFL verzeichnete im Berichtsjahr 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 am PSI sowie in Lausanne lagen im Berichtsjahr weit unterhalb der in den Bewilligungen festgelegten Limiten. Sie ergaben auch für Personen, welche in direkter Nachbarschaft einer Anlage leben, eine maximale berechnete Dosis von weniger als 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 2022 unfallfrei. Von der ordnungsgemässen Durchführung hat sich das ENSI mit mehreren Inspektionen der Transporte unterschiedlicher radioaktiver Materialien und Abfälle überzeugt.

Geologische Tiefenlagerung

Seit 2008 läuft das Sachplanverfahren (Sachplan geologische Tiefenlager, SGT) für die Lagerung radioaktiver Abfälle, das durch das Bundesamt für Energie geleitet wird. Das ENSI trägt dabei die Gesamtverantwortung

tung für die sicherheitstechnische Beurteilung der geologischen Standortgebiete. Die Etappe 2 startete im Jahr 2011 und befasste sich mit der Einengung auf mindestens zwei Standortgebiete für geologische Tiefenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle sowie für hochradioaktive Abfälle. Der Bundesrat beendete an seiner Sitzung im November 2018 die Etappe 2 des Sachplanverfahrens und stützte die Beurteilung des ENSI. Er entschied, dass die drei Standortgebiete Jura Ost, Zürich Nordost und Nördlich Lägern weiter untersucht werden sollen. 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) erstellen will. 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 Zwiilag 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 la version allemande du site Internet de l'IFSN, accessible à l'adresse www.ensi.ch, sous la rubrique «Dokumente» (Documents), dans la sous-rubrique «Richtlinien» (Directives).

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. 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 première phase de 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 Zwiilag à Würenlingen. Les chapitres 6 et 7 sont consacrés aux installations nucléaires du PSI, ainsi qu'au

réacteur de recherche de l'EPFL. Le chapitre 8 traite des transports de substances radioactives en provenance et à destination des installations nucléaires suisses. Le chapitre 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 bon lors de l'année sous revue. En 2022, les centrales nucléaires ont connu 27 événements soumis à obligation de notification. Cinq événements ont concerné la tranche 1, cinq événements la tranche 2 et un événement a concerné les deux tranches de la centrale nucléaire de Beznau. Six événements ont concerné la centrale de Gösgen et six la centrale de Leibstadt. La centrale nucléaire de Mühleberg, qui en est à la première phase de la désaffectation, a notifié quatre événements. 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 du résultat des inspections.

Dépôt de stockage intermédiaire Zwilag à Würenlingen

Le dépôt de stockage intermédiaire Zwilag à Würenlingen comprend plusieurs bâtiments d'entreposage intermédiaire, l'instal-

lation de conditionnement et l'installation plasma (station d'incinération et de fusion). Fin 2022, la halle des conteneurs abritait 76 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 2022, deux campagnes d'incinération et de fonte de déchets radioactifs ont eu lieu. Lors de l'exercice sous revue, l'IFSN a recensé au Zwilag un événement soumis au devoir de notification. L'IFSN en conclut que le Zwilag a respecté en 2022 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. Deux événements soumis à une obligation de notification ont été recensés dans les installations nucléaires du PSI en 2022. Le réacteur de recherche de l'EPFL n'a enregistré aucun événement en 2022.

Rejets de substances radioactives

Sur l'année sous revue, les rejets de substances radioactives dans l'environnement via les eaux usées et l'air rejeté des centrales nucléaires, du dépôt de stockage intermédiaire 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 an-

nuelle naturelle moyenne aux radiations en Suisse.

Transport de substances radioactives

Tous les transports d'éléments radioactifs en provenance, ou en direction, des installations nucléaires de la Suisse se sont passés sans accident en 2022. 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

La procédure du plan sectoriel (« Dépôts en couches géologiques profondes ») pour le stockage de déchets radioactifs est menée depuis 2008, sous la conduite de l'Office fédéral de l'énergie. Dans ce cadre-là, l'IFSN est responsable de toute l'évaluation de la sécurité technique des domaines d'implantation géologiques. L'étape 2 a été lancée en 2011 et a pour objectif de réduire en tout cas à deux domaines d'implantation les dépôts en couches géologiques profondes pour déchets faiblement et moyennement actifs et pour déchets hautement actifs. Le Conseil fédéral a mis fin lors de sa session de novembre 2018 à l'étape 2 de la procédure de plan sectoriel en validant l'évaluation faite par l'IFSN. Il a en effet décidé, que les trois domaines d'implantation Jura-est, Zurich nord-est et Nord des Lägern doivent continuer à être étudiés. En septembre 2022, la Nagra a annoncé son intention de construire un seul dépôt en couches géologique profonde pour tous les déchets radioactifs sur le site « Nord des Lägern » à Stadel (canton de Zurich). 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 (Zwilag) 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 that would be activated in the event of a serious incident 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 on the ENSI website, accessible at

www.ensi.ch, under the heading Documents in the sub-heading Guidelines.

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 summaries 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 (Zwilag) in Würenlingen. Chapters 6 and 7 are devoted to the nuclear facilities of the PSI and the research reactor of 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. In 2022, there were 27 reportable events at the NPPs: Beznau 1 NPP had five events, Beznau 2 NPP had five events and one event affected both units of the Beznau NPP. Gösgen NPP was affected by six and Leibstadt NPP by six events. Mühleberg NPP, which is in decommissioning phase 1, recorded four events. 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 (Zwilag) in 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 2022, the cask storage hall contained 76 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. Two campaigns to incinerate and melt radioactive waste were carried out in 2022. ENSI recorded one reportable event 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 for safe use, and the facilities for the disposal of radioactive materials including the Federal Government's interim storage facility. Two reportable events occurred at the PSI nuclear facilities during 2022. The EPFL research reactor recorded no event in 2022.

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 Central Interim Storage Facility (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 incidents or accidents during 2022. ENSI verified the correct transport of differing types of radioactive materials and waste by performing multiple inspections of the transports.

Deep geological repositories

The sectoral plan procedure (Sectoral Plan for Deep Geological Repositories, SGT) for the storage of radioactive waste led by the Federal Office of Energy has been running since 2008. Here, ENSI bears overall responsibility for the safety assessment of the geological siting areas. Stage 2 started in 2011 and concerned the reduction of potential siting areas to at least two siting areas for deep geological repositories for low and intermediate level radioactive waste as well as highly radioactive waste. In its session of November 2018, the Federal Council concluded stage 2 of the sectoral plan procedure and supported the assessment of ENSI. It decided that the three siting areas – Jura East, Zurich North-East and North of Lägern – should be further in-

investigated. 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). 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 Mount 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

Der Block 1 des Kernkraftwerks Beznau (KKB) befand sich abgesehen vom Revisionsstillstand im Leistungsbetrieb. Der Block 2 hatte neben dem Brennelementwechsel einen kurzen Unterbruch aufgrund einer Turbinenabschaltung mit nachfolgender Reaktorschnellabschaltung im Oktober 2022 zu verzeichnen. Das ENSI stellt fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten wurden.

Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKB im Berichtsjahr im Block 1 hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als gut, hinsichtlich der Betriebsvorgaben als gut, hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut sowie hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als ausreichend.

Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKB im Berichtsjahr im Block 2 hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als gut, hinsichtlich der Betriebsvorgaben als gut, hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut sowie hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als ausreichend.

Das KKB umfasst zwei weitgehend baugleiche Zwei-Loop-Druckwasserreaktor-Blöcke (KKB 1 und KKB 2), 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. Im Block 1 kam es im Berichtsjahr zu fünf meldepflichtigen Vorkommnissen mit Bezug zur nuklearen Sicherheit. Sie wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet.

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

Ein Vorkommnis, welches beide Blöcke betraf, trat im Januar im Bereich des werks-

eigenen Zwischenlagers ZWIBEZ auf. Auch dieses wurde der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet.

Der Revisionsstillstand im Block 1 dauerte vom 29. April bis zum 1. Juli 2022, der Brennelementwechsel im Block 2 vom 8. bis zum 22. August 2022.

Das ENSI führte im Rahmen seiner Aufsicht 155 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Der für beruflich strahlenexponierte Personen geltende Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung wurde stets eingehalten. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die dadurch verursachten zusätzlichen Strahlendosen für die Bevölkerung 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 Zulassungsprüfungen für zulassungspflichtiges Personal des KKB statt: Drei Reaktoroperateure und zwei Schichtchefs absolvierten die Zulassungsprüfungen erfolgreich.

1.2 Betriebsgeschehen

Der Block 1 erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 80,3% bei einer Zeitverfügbarkeit von 82,7%. Der unproduktive Anteil im Block 1 war primär auf den Revisionsstillstand zurückzuführen. Am 23. August 2022 musste die Turbogruppe 11 infolge einer Ölleckage im Regelölssystem der Turbine abgestellt werden. Wegen erhöhter Aarewassertemperaturen in den Monaten Juli und August musste die Leistung mehrmals reduziert werden, um gemäss der Zwischenverfügung des Bundesamts für Energie die Bedingungen für die Kühlwassereinleitung in die Aare einhalten zu können.

Der Block 2 erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 93,1% und eine Zeitverfügbarkeit von 96,0%. Der unproduktive Anteil im Block 2 war hauptsächlich auf den Brennelementwechsel zurückzuführen. Zusätzlich führte eine Turbinenschnellabschaltung mit anschliessender Reaktorschnellabschaltung (siehe Vorkommnis vom 7. Oktober 2022) zu einem Produktionsausfall. Im Block 2 musste die Leistung in den Monaten Juli und August wegen der erhöhten Aarewassertemperaturen reduziert werden.

Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt.

Die ausgekoppelte Wärme für das regionale Fernwärmenetz REFUNA betrug im Berichtsjahr 159,7 GWh.

Zur Durchführung von Funktionsprüfungen und auf Anforderung des Lastverteilers erfolgten geplante kurzzeitige Leistungsreduktionen.

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

■ Während des Revisionsstillstands im Block 1 des KKB wurde am 19. Mai 2022 im Chemie- und Volumenregelsystem im Rahmen einer geplanten visuellen Leitungsinspektion eine Leckage an einer Schweissnaht festgestellt. Zur Verifikation der Leckage wurde das System im betroffenen Leitungsteil unter Druck gesetzt. Die schadhafte Stelle wurde ersetzt. Die Schadensanalyse ergab als Ursache chloridinduzierte transkristalline Korrosion. Zusätzlich gefundene Leckagen traten infolge undichter Verschraubungen an Ventilen auf. Die Verschraubungen wurden instandgesetzt und die Leckagen damit behoben. An den nicht verschraubten, übrigen Rohrleitungsteilen wurden keine weiteren Leckagen gefunden. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die festgestellte Leckage im Chemie- und Volumenregelsystem sowie weitere Leckagen an Verschraubungen von Ventilen jeweils

der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit sicherheitsebenenübergreifender Bedeutung sowie mit Bedeutung für das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

■ Ebenfalls während des Revisionsstillstands wurde am 24. Mai 2022 im Block 1 des KKB im Bereich einer Schweissnaht einer Leitung des Primären Nebenkühlwassersystems eine Tropfleckage festgestellt. Der betroffene Rohrleitungsabschnitt dient im Leistungsbetrieb zur Versorgung der Dampferzeuger-Abschlammkühler und wurde während des Revisionsstillstands nicht benötigt. Er wurde abgesperrt und instandgesetzt. Die Schadensanalyse ergab als Ursache mikrobiologisch induzierte Korrosion. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage im Primären 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».

■ Am 5. Juni 2022 wurden im Rahmen von Instandhaltungsarbeiten am Chemie- und Volumenregelsystem im KKB 1 an einer Armatur zwei gebrochene Schrauben im Bereich der Befestigung zwischen Ventil und dem zugehörigen Antrieb festgestellt. Die beiden anderen Schrauben an der Befestigungsstelle waren intakt. Alle Schrauben der Befestigung wurden entfernt und durch neue ersetzt. Wie die monatlich durchzuführenden Funktionsprüfungen gezeigt hatten, beeinträchtigen die beiden gebrochenen Schrauben die Funktionstüchtigkeit des Ventils nicht. Das betroffene Ventil ist im Normalbetrieb geschlossen und dient im Anforderungsfall als redundanter, aber nicht vorrangiger Einspeisepfad von borierterem Wasser aus dem Borwasser-Vorratstank über die Ladepumpe in den Reaktorkühlkreislauf. Bei einer umgehend eingeleiteten Kontrolle der funktionsgleichen Armatur im KKB 2 wurden keine Beschädigungen festgestellt. Sowohl die gebrochenen als auch



**Arbeiten bei
gefüllter Reaktor-
grube während
der Revision.
Foto: KKB**

die intakten Schrauben wurden zur Ermittlung der Schadensursache einer Fachfirma übergeben. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die gebrochenen Schrauben am Antrieb einer Armatur im Chemie- und Volumenregelsystem der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheits Ebenen 1, 2 und 3 sowie für das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

■ Am 7. Juli 2022 wurde im Rahmen der periodisch durchzuführenden Probeläufe der Borsäurepumpe im Chemie- und Volumenregelsystem eine Leckage festgestellt. Die Tropfleckage trat im Bereich eines Borsäureregelventils aus der Isolation aus. Nach dem Entfernen der Isolation konnte die schadhafte Stelle im Bereich des Ventilblocks des Regelventils bestätigt werden. Mit Hilfe einer durchgeführten Röntgenprüfung konnte das KKB zeigen, dass im Bereich der betroffenen Armatur keine flächenförmige, sondern eine punktuelle Wanddickenschwächung vorliegt. Die Stelle wurde temporär abgedichtet. Das KKB prüft, wie die Schadhafte Stelle repariert beziehungsweise die Armatur ersetzt werden kann. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage am Ventilblock des Regelventils der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der

Anlage mit Bedeutung für die Sicherheits Ebenen 1, 2 und 3 sowie für die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität», «Kühlung der Brennelemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe».

■ Am 23. August 2022 wurde wegen einer Leckage im Kraftölsystem einer Turbogruppe deren Leistung entsprechend der anzuwendenden Betriebsvorschrift reduziert und die Turbogruppe anschliessend entlastet. Kurz darauf betätigte das KKB das Brandschutzventil der betroffenen Turbogruppe. Dadurch konnte die Ölleckage gestoppt werden. Parallel erfolgte die Anpassung der Reaktorleistung durch manuelles Aufborieren des Primärkühlkreislaufs. Noch während der Leistungsreduktion wurden erste präventive Brandschutzmassnahmen getroffen und zur Aufnahme des ausgetretenen Öls ein Ölbinder eingesetzt. Nachdem die schadhafte Stelle durch eine temporäre Massnahme abgedichtet werden konnte, wurde noch am selben Tag mit dem Hochfahren der Turbogruppe begonnen. Die zweite Turbogruppe war während der gesamten Dauer des Unterbruchs in Betrieb. Im April 2021 war bereits einmal ein entsprechendes Vorkommnis im KKB aufgetreten: Auch damals musste das KKB eine Turbogruppe aufgrund einer Ölleckage abschalten. Die damals ergriffenen Massnahmen haben den erneuten Schaden nicht verhindern können. Daher hat das ENSI das KKB aufgefordert, eine umfassende Bewer-

tung bezüglich weiterer Massnahmen zur Vermeidung von Schäden und Leckagen im Ölsystem der Turbine vorzunehmen. Darüber hinaus ist der schadhafte Leitungsabschnitt durch eine Fachfirma zur Klärung der Schadensursache zu untersuchen und der Schadensanalysebericht dem ENSI einzureichen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage im Kraftölsystem der Turbogruppe 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». Im Ereignis- und Folgemaassnahmenbericht fehlte die Information zur Schadensursache. Daher ordnete das ENSI den nicht ausreichend detaillierten Ereignis- und Folgemaassnahmenbericht der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit sicherheitsebenen- und schutzzielübergreifender Bedeutung. Im Block 2 kam es zu fünf meldepflichtigen Vorkommnissen, die das ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zuordnete.

■ Am 22. Januar 2022 kam es im Block 2 während des Vollastbetriebes zu einem Anstieg des Nebengebäude-Sumpfniveaus über den zu erwartenden Wert hinaus. Als Ursache wurde eine Leckage an einer von insgesamt drei Entlastungsleitungen der in Betrieb stehenden Ladepumpe des Chemie- und Volumenregelsystems ermittelt. Nachdem die Leckage eindeutig zugeordnet werden konnte, wurde auf die redundant vorhandene Ladepumpe umgeschaltet und die Leckage damit gestoppt. Der aufgebotene Strahlenschutz stellte vor Ort keine Kontaminationen über den zulässigen Grenzwert fest. Neben der defekten Entlastungsleitung wurden weitere intakte Entlastungsleitungen der Kolben 2 und 3 präventiv ausgetauscht. Als Ursache für die Leckage in der Entlastungsleitung des Kolbens 1 der Ladepumpe wurde ein Riss in einem Bogenabschnitt der Kleinleitung festgestellt. Der

Riss ist laut Schadensanalyse als Kombination aus Kaltverformung bei der Erstellung des Bogenabschnitts und der zyklischen Belastung aus dem Betrieb entstanden. Da im KKB wiederholt Leckagen in Folge von Ermüdungsrissen an Kleinleitungen aufgetreten sind, forderte das ENSI vom KKB die Erarbeitung eines Konzepts zur Vermeidung von Ermüdungsrissbildung in Kleinleitungen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage an einer Entlastungsleitung einer Ladepumpe 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».

■ Bei der monatlichen Durchführung eines Routinetests zweier Ölpumpen der Abblasestation konnte am 9. Mai 2022 im Block 2 der Schalterfall «Schnellgang der Abblaseölpumpe» aus dem Notstand-Leitstand nicht quittiert werden. Daher konnten die Pumpen nicht ordnungsgemäss gestoppt werden. Es wurde eine Störmeldung verfasst und zur Ursachenklärung die Instandhaltungsstelle Elektrotechnik aufgeboden. Eine seit dem 8. Mai 2022 anstehende Statusmeldung im selben Systemabschnitt im Bereich der Leittechnik war den beteiligten Personen nicht bekannt. Deshalb konzentrierte sich das KKB im Rahmen der Ursachenklärung zuerst auf den Bereich der Schalterfallrückstellung der Steuerung und nicht gleich auf den Bereich der Abblaseregulierung. Im Rahmen der am 10. Mai 2022 fortgesetzten Störungssuche wurde festgestellt, dass eine defekte Elektronikarte im Notstandssystem zu einer ungeplanten Nichtverfügbarkeit der Frischdampf-Abblaseregulierung eines Abblaseventils führte. Nach dem Austausch der defekten Elektronikarte konnte das KKB die Funktionsprüfung erfolgreich abschliessen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die ungeplante Nichtverfügbarkeit des Ab-

blaseventils der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente». Dass die betroffene Elektronikarte nicht selbstüberwachend ausgeführt und dass die Ergonomie der Statusmeldung ungenügend war, ordnete das ENSI jeweils der Kategorie A zu – als Aspekt der Auslegungsvorgaben mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente». Diese Bewertung ist relevant für beide Blöcke. Die ungenügenden Vorgaben zum Umgang mit Statusmeldungen ordnete das ENSI der Kategorie A zu – als Aspekt der Betriebsvorgaben mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente». Auch diese Bewertung ist relevant für beide Blöcke. Schliesslich ordnete das ENSI die Entscheidungsfindung im Umgang mit der anstehenden Statusmeldung der Kategorie A zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation.

■ Bei der Durchführung eines Anlagenrundgangs am 18. Juni 2022 wurde im Block 2 an einer Stopfbuchse an einer von insgesamt drei Ladepumpen eine Leckage entdeckt. Als Ursache für die Leckage ermittelte das KKB einen Riss im Stopfbuchsengehäuse. Die betroffene Ladepumpe wurde ausser Betrieb genommen und ordnungsgemäss freigeschaltet. Zwei andere Ladepumpen übernahmen die Aufrechterhaltung der gemäss Technischer Spezifikation für den Leistungsbetrieb geforderten Betriebsbereitschaft von zwei Ladepumpen. Vom 20. bis zum 22. Juni 2022 wurde das defekte Stopfbuchsengehäuse gegen ein baugleiches Lagerteil ausgetauscht. Am 23. Juni 2022 wurde die Betriebsbereitschaft der Ladepumpe nach erfolgreicher Durchführung eines Probelaufs erklärt. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage an einer Stopfbuchse einer Ladepumpe 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». Innerhalb der letzten drei Jahre kam es zu acht meldepflichtigen Vorkommnissen im Chemie- und Volumenregelsystem der Blöcke 1 und 2. Sechs dieser Vorkommnisse traten in den ersten acht Monaten des Berichtsjahres auf. Das KKB analysierte diese Vorkommnisse jeweils als Einzelereignisse. Eine übergreifende Betrachtung der Vorkommnisse fehlte bei der Ursachenanalyse. Diese Vorgehensweise widerspricht den Anforderungen der Richtlinie ENSI-B03, wonach bei der Bearbeitung von Vorkommnissen ähnliche interne Ereignisse

zungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie für das Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität».

■ Am 10. Juli 2022 wurde im Rahmen eines periodischen Anlagenrundgangs im Block 2 eine Leckage am Gehäuse der Mehrstufenblende an einer von drei Ladepumpen im Chemie- und Volumenregelsystem festgestellt. Nach dem Erkennen der Leckage am Gehäuse der Mehrstufenblende wurde die sich in Betriebsbereitschaft befindliche Ladepumpe gestartet, um die in Betrieb stehende Ladepumpe stoppen zu können. Bei einer Prüfung mittels Farbeindringprüfung wurde ein Riss im Gehäuse der Mehrstufenblende festgestellt. Das KKB tauschte die von der Leckage betroffene Mehrstufenblende gegen ein baugleiches Lagerteil aus. Die Gehäuse der Mehrstufenblenden aller Ladepumpen im KKB werden periodisch ausgetauscht und mittels einer Farbeindringprüfung auf Rissfreiheit hin untersucht. Die fehlerhafte Mehrstufenblende war zuletzt am 6. April 2021 ausgebaut und geprüft worden. Damals stellte das KKB keine Auffälligkeiten fest. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage an einer Mehrstufenblende einer Ladepumpe 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». Innerhalb der letzten drei Jahre kam es zu acht meldepflichtigen Vorkommnissen im Chemie- und Volumenregelsystem der Blöcke 1 und 2. Sechs dieser Vorkommnisse traten in den ersten acht Monaten des Berichtsjahres auf. Das KKB analysierte diese Vorkommnisse jeweils als Einzelereignisse. Eine übergreifende Betrachtung der Vorkommnisse fehlte bei der Ursachenanalyse. Diese Vorgehensweise widerspricht den Anforderungen der Richtlinie ENSI-B03, wonach bei der Bearbeitung von Vorkommnissen ähnliche interne Ereignisse

oder Befunde mitberücksichtigt werden müssen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung dieses Versäumnis und den nicht ausreichend detaillierten Ereignis- und Folgemaßnahmenbericht der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit sicherheits-ebenen- und schutzzielübergreifender Bedeutung.

■ Am 7. Oktober 2022 wurde während der Wellenspannungsmessung an einem Lager einer Turbogruppe aufgrund eines Ansprechens der Überwachung des Wellenstrangs dieser Turbine eine Turbinenschnellabschaltung ausgelöst. Nach der Abschaltung der betroffenen Turbogruppe entlastete die Anlage automatisch auf rund 50% der thermischen Reaktorleistung. Im Verlaufe der Transiente schaltete das KKB wegen eines stark steigenden Niveaus in einem der Dampferzeuger die Dampferzeuger-Niveauregelung beider Dampferzeuger auf Handbetrieb. In der Folge wurde aufgrund eines zu hohen Niveaus an einem der beiden Dampferzeuger automatisch eine Reaktorschnellabschaltung ausgelöst. Das KKB arbeitete die Anlagentransiente gemäss den gültigen Vorschriften ab und stabilisierte die Anlage im Zustand «heiss abgestellt». Nach einer eingehenden Kontrolle der Füllstandsregelung beider Dampferzeuger und der Messvorrichtung für die Wellenschwingsüberwachung der betroffenen Turbogruppe inklusive vorsorglichen Austauschs beider Vibrationsgeber wurde die Anlage wieder angefahren. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die fehlerhafte Auslösung der Wellenschwingsüberwachung der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 2 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

Im werkseigenen Zwischenlager ZWIBEZ kam es zu einem meldepflichtigen Vorkommnis, welches das ENSI der Stufe 0 der



Luftkühler eines Notstromdiesels in einem Gebäude der autarken Notstromversorgung.
Foto: KKB

internationalen Ereignisskala INES zuordnete.

■ Am 15. Februar 2022 fanden geplante Handhabungen mit Abfallgebinden im Empfangs- und Umladebereich des Schwachaktivlagers des ZWIBEZ statt. Vor der Durchführung dieser Arbeiten waren die betroffenen Bereiche gemäss den Vorgaben der anzuwendenden allgemeinen Weisung «Strahlenschutz im ZWIBEZ» eingerichtet und ordnungsgemäss gekennzeichnet worden. Gemäss dieser Weisung schloss das KKB verschiedene Türen im Eingangsbereich des ZWIBEZ und markierte diese mit Schildern, welche auf den Lagerbetrieb und die Dosimetertragepflicht hinwiesen. Für den gleichen Tag waren Überprüfungen der Brandschutzeinrichtungen sowie der Flucht- und Rettungswege durch zwei externe Mitarbeiter geplant. Diese betraten den Empfangs- und Umladebereich des Schwachaktivlagers des ZWIBEZ während des Lagerbetriebs auf dem Weg über die Zonengarderobe, ohne dabei das für diesen Bereich obligatorische Personendosimeter zu tragen. Ein KKB-Mitarbeiter wies die beiden auf das Fehlen des persönlichen

Dosimeters hin. Die externen Mitarbeiter verliessen daraufhin unverzüglich den Bereich des Schwachaktivlagers. Die Ortsdosisleistungsmessung des Strahlenschutzes vor Ort ergab Dosisleistungen von 25 bis 70 nSv pro Stunde. Somit kam es während der Aufenthaltzeit der betroffenen Fachkräfte von rund drei Minuten zu keiner Dosisgrenzwertüberschreitung. Mangelnde Aufmerksamkeit, fehlende Beschilderungen auf dem Weg über die Zonengarderobe und ein ungenügend ausgelegter Zonenübertritt führten zum unbeabsichtigten Zutritt ohne Personendosimeter. Infolgedessen wurde das Beschilderungs- und Absperrkonzept für den Lagerbetrieb des Schwachaktivlagers so angepasst, dass es alle vorkommenden normalen Betriebszustände des ZWIBEZ abdeckt. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Nichtbeachtung der angeordneten Dosimetertragepflicht in der Zone 0 des ZWIBEZ der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 sowie das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition». Darüber hinaus ordnete das ENSI die Ausschilderung der kontrollierten Zone ebenfalls 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 «Begrenzung der Strahlenexposition». Die Anzahl Vorkommnisse in den vergangenen zehn Jahren ist im Anhang in Figur 2 dargestellt. Eine Übersicht über die meldepflichtigen Vorkommnisse im Berichtsjahr findet sich in Tabelle 4.

Zu den Vorkommnissen im Jahr 2022 ist insbesondere anzumerken, dass drei vom KKB gemeldete Vorkommnisse aufgrund eines im Juli 2021 verschärften Meldekriteriums für Leckagen, die auf Alterungsmechanismen zurückzuführen sind, meldepflichtig waren. Das ENSI legt mit dieser Verschärfung ein verstärktes Augenmerk auf Alterungseffekte und insbesondere auf korrosionsbedingte Leckagen. Als ältestes Kernkraftwerk

der Schweiz ist das KKB vermehrt von dieser verschärften Meldepflicht betroffen und hat entsprechende Abhilfemassnahmen zu treffen. Insbesondere forderte das ENSI das KKB auf, wegen der gehäuften Vorkommnisse im Chemie- und Volumenregelsystem eine Zustandsbewertung dieses Systems unter Einbezug der Betriebserfahrungen der letzten zehn Jahre durchzuführen. Auf der Basis der Ergebnisse ist das Alterungsüberwachungs- und Instandhaltungsprogramm für dieses System zu überprüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren. Da es sich hier um ein potenziell aktivitätsführendes System handelt, ist der Überwachung der Systemintegrität eine dementsprechende Bedeutung beizumessen. Daher hat das KKB der Überprüfung der Wirksamkeit von festgelegten Verbesserungsmassnahmen zur Gewährleistung einer hohen Systemverfügbarkeit einen hohen Stellenwert zuzuschreiben.

1.3 Anlagentechnik

1.3.1 Revisionsarbeiten

Der Revisionsstillstand im Block 1 dauerte vom 29. April bis zum 1. Juli 2022. Neben dem Brennelementwechsel erfolgten weitere Prüfungen und Wartungsarbeiten. Es ergaben sich keine sicherheitsrelevanten Befunde.

Zur Untersuchung der Korrosion an der Stahldruckschale wurden in den Ringraumboden des Blocks 1 zwei Inspektionsbohrungen mit einem Durchmesser von 80 cm und einer Tiefe von 1,4 m eingebracht. Im Nachgang zu den umfangreichen Untersuchungen zum Zustand der Stahldruckschale wurde die geschnittene Bewehrung durch stumpf eingeschweisste Bewehrungsstäbe ersetzt.

Gemäss Wiederholungsprüfprogramm wurde an den Heizrohren der beiden Dampferzeuger eine mechanisierte Wirbelstromprüfung durchgeführt. Die letzte Prüfung der Dampferzeuger-Heizrohre hatte während des Revisionsstillstands im Jahr 2016 stattgefunden. Es wurden keine bewertungspflichtigen Anzeigen an der Dampferzeuger-Berohrung festgestellt.

Im Jahr 2015 waren aufgrund von Befunden in zwei belgischen Kernkraftwerken auf Veranlassung des ENSI bei den Schweizer Kernkraftwerken Ultraschalluntersuchungen an ihren Reaktordruckbehältern durchgeführt worden. Diese zeigten beim Block 1 des KKB Befunde, deren Sicherheitsrelevanz abzuklären war. Daher blieb das Kernkraftwerk von 2015 bis 2018 ausser Betrieb. Auf der Grundlage des Nachweises der Axpo Power AG, dass die im Stahl des Reaktordruckbehälters gefundenen Einschlüsse keinen negativen Einfluss auf die Sicherheit haben, erteilte das ENSI im März 2018 grünes Licht für die Wiederinbetriebnahme des KKB 1. Das ENSI forderte jedoch, dass die Ultraschallprüfungen des Reaktordruckbehälter-Grundmaterials im Bereich der Ultraschallanzeigen mit hohen Amplituden während des Revisionsstillstands 2022 wiederholt werden. Die Wiederholungsprüfung erfolgte im Berichtsjahr mit der gleichen Prüftechnik und -einrichtung wie im Jahr 2015. Im Rahmen der Datenauswertung wurde eine Liste der Anzeigen erstellt und mit den Prüfergebnissen aus dem Jahr 2015 verglichen. Weiterhin wurden Schnittbilder der einzelnen Anzeigen erstellt und mit den Bildern der Prüfung aus dem Jahr 2015 verglichen. Bei keiner der Anzeigen mit hohen Amplituden wurde eine Änderung der Form oder Grösse festgestellt.

Während des Revisionsstillstands im Block 1 traten insgesamt drei meldepflichtige Vorkommnisse auf. Es handelte sich dabei um die in Kapitel 1.2 beschriebenen meldepflichtigen Vorkommnisse, nämlich eine Leckage im Chemie- und Volumenregelsystem vom 19. Mai 2022, eine Leckage im Primären Zwischenkühlsystem vom 24. Mai 2022 und zwei gebrochene Schrauben an einer Armatur im Chemie- und Volumenregelsystem vom 5. Juni 2022. Aus den Vorkommnissen ergaben sich keine Hinweise, die gegen ein Wiederanfahren der Anlage gesprochen hätten. Der Block 2 wurde vom 8. bis zum 22. August 2022 für den Brennelementwechsel abgestellt. Neben den Arbeiten für den Brennelementwechsel fanden in geringem

Umfang vereinzelt Prüfungen und Wartungsarbeiten statt.

Die Summe der gemessenen Leckageraten an Containmentdurchdringungen lag in beiden Blöcken unterhalb der Limite der Technischen Spezifikation.

1.3.2 Anlageänderungen

Von den in beiden Blöcken vorgenommenen Anlageänderungen seien die folgenden erwähnt:

- Im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung war festgestellt worden, dass die Relais für die Signalübertragung der Reaktorschnellabschaltung vom Notstandssystem auf die Steuerstabantrieb-Umformer einsträngig ausgeführt war. Mit dem Verdoppeln dieser Relais im Jahr 2022 im Block 1 wurde das Signal auf die Steuerstabantrieb-Umformer-Erregung einzelfehler-sicher ausgebildet. Im Block 2 waren diese Arbeiten bereits im Jahr 2021 durchgeführt worden.

- Im Block 1 wurden Dampferzeuger-Stossbremsen ersetzt, um Sicherheitsmargen zu erhöhen. Die Bauweise der Stossbremsen ist nun dieselbe wie im Block 2.

- Um in einem auslegungsüberschreitenden Anlagenzustand einen direkten und geschützten Zugang zum Filtergebäude für die Druckentlastung des Containments zu haben, wurde vom Notstandgebäude her ein Durchbruch erstellt, welcher mit einer Luke geschlossen werden kann. Die Lukenkonstruktion basiert auf den gleichen Auslegungsgrundlagen wie das Notstandgebäude.

- Im Block 2 ertüchtigte das KKB im Jahr 2021 bei Filterabschirmungen des Chemie- und Volumenregelsystems, des Brennelementlagerkühlsystems und des Containmentsprühsystems die Verankerungen in die Baustruktur. Die Ertüchtigung dient dazu, die Standfestigkeit der nicht klassierten Abschirmung bei Erdbebeneinwirkung zu erhöhen und eine mögliche Beschädigung der sicherheitstechnisch klassierten Filter durch die Abschirmung zu verhindern. Die Ertüchtigung der Abschirmungen im Block 1 erfolgte im Berichtsjahr.

1.3.3 Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente

Die Blöcke 1 und 2 des KKB werden mit je 121 Brennelementen betrieben. Im Rahmen des Revisionsstillstands vor dem 48. Betriebszyklus des Blocks 1 wurden 16 frische Brennelemente mit Brennstoff aus wiederaufgearbeitetem Uran (WAU) nachgeladen. Im Block 2 wurden während des Brennelementwechsels vor dem Zyklus 49 zwanzig frische Brennelemente desselben Typs in den Kern geladen. Die Reaktorkerne beider Blöcke wurden mit freigegebenen und qualitätsgeprüften Brennelementen des Herstellers Framatome bestückt. Das ENSI gab die neuen Kernbeladungen des KKB 1 und KKB 2 frei. Sie erfüllten entsprechend der Dokumentation alle Anforderungen.

Im Berichtsjahr traten keine Defekte an Brennelementen auf. Die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe war somit gegeben. Der auslegungsgemässe Zustand der Brennelemente wurde zuletzt durch Brennelementinspektionen während des Revisionsstillstands 2021 im Block 2 bestätigt.

Im Jahr 2014 wurden in beiden Blöcken alle 25 Steuerelemente durch neue gleicher Bauart ersetzt. Aufgrund der guten Betriebserfahrung mit dieser Bauart sowie der stetigen Überwachung des Reaktorkühlkreislaufes, die keine Hinweise auf Steuerelementdefekte ergab, wurden gemäss der langfristigen Planung des KKB im Block 1 keine Steuerelementinspektionen durchgeführt. Gemäss Inspektionsintervall inspizierte das KKB während des Revisionsstillstands 2021 im Block 2 alle Steuerelemente mittels Wirbelstromprüfung. Es wurden keine Abweichungen vom auslegungskonformen Verhalten festgestellt. Alle Steuerelemente erfüllten die Kriterien für einen weiteren Einsatz.

Im Berichtsjahr wurden die Reaktorkerne beider Blöcke auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben. Die Anfahrmessungen des KKB, die das ENSI jeweils vor Ort inspiziert, verliefen in beiden Blöcken plangemäss. Die Ergebnisse der reaktophysikalischen Messungen stimmten gut

mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnungen überein. Die erforderlichen Toleranzen wurden eingehalten.

1.4 Strahlenschutz

Das KKB verzeichnete aus Sicht des Strahlenschutzes ein erfolgreiches Betriebsjahr. Insgesamt wurden zwei strahlenschutzrelevante Vorkommnisse verzeichnet: Personen ohne Dosimeter betraten die kontrollierte Zone des werkseigenen Zwischenlagers ZWIBEZ. Im Block 2 führte eine Leckage im Bereich des Chemie- und Volumenregelsystems zu einem Anstieg des Nebengebäude-Sumpfniveaus.

Die akkumulierten Kollektivdosen lagen im Berichtsjahr mit insgesamt 641 Pers.-mSv leicht über dem erwarteten Bereich, aber noch innerhalb der Planungsungenauigkeit. Bezüglich der Individualdosen wurde ein Maximalwert von 8,3 mSv erreicht. Die Inspektionen des ENSI bestätigten, dass das KKB einen effizienten Strahlenschutz betrieb.

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 betragen rund 16 % der Jahresabgabelimite. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern durch. Sie stimmten gut 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 potenziellen Jahresdosen betragen rund 0,001 mSv für Erwachsene und für Zehnjährige sowie 0,002 mSv für Kleinkinder und liegen somit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv pro Jahr gemäss der Richtlinie ENSI-G15. Die Dosisleistungsmesssonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Um-



**Kühlluftventilatoren
eines Notstrom-
diesels.
Foto: KKB**

gebung des Werkes zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an ausgewählten Stellen am Zaun des Kraftwerkareals angebracht sind, liessen keine nennenswerte Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung erkennen. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen an der Umzäunung des KKB durch, die ebenfalls keine signifikanten Erhöhungen gegenüber der Untergrundstrahlung zeigten. Die Messungen des Betreibers und des ENSI gaben keinen Hinweis auf eine Verletzung der nach Artikel 79 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals 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 2022 des ENSI verwiesen.

1.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKB regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Im Berichtsjahr fielen 27 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 Nebenanlagengebäuden und im werkeigenen Zwischenlager ZWIBEZ auf. Ihr Bestand liegt mit 32 m³ im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brennbar und weitere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in den Anlagen der ZwiIag bereitgestellt und dorthin transportiert.

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.

Die konditionierten Abfallgebände werden in das Rückstandslager und in das Lager für schwachaktive Abfälle des ZWIBEZ eingelagert. Das KKB nutzt zudem die Kapazitäten des Zentralen Zwischenlagers der ZwiIag in Würenlingen. Im Berichtsjahr wurden 55 Gebinde dorthin transportiert. Bei der jährlichen Inspektion des Lagergutes im KKB zeigten sich keine meldepflichtigen Befunde. Die radioaktiven Abfälle des KKB sind in einem von allen schweizerischen Kernan-

lagen 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 74,8t 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 zwei Transfers mit 38 Brennelementen statt. Weitere Angaben zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente finden sich im Kapitel 8.

1.6 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI beobachtete und beurteilte die Notfallorganisation des KKB im März 2022 im Rahmen der Werksnotfallübung INOPIA. Ausgangslage der Übung war ein Anlagenzustand mit beiden Blöcken im störungsfreien Vollastbetrieb. Für den Block 1 wurde unterstellt, dass dieser kurz vor dem Ereigniseintritt zum ungeplanten Brennstoffwechsel abgefahren wurde, da schon im Vorzyklus ein kleiner Schaden an einem Brennelement festgestellt worden war. Durch eine Unachtsamkeit schlitzte ein Fahrer eines Gabelstaplers ein bereitstehendes Ölfass auf. Der Fahrer verletzte sich beim Unfall. Die einrückende Betriebsfeuerwehr nahm sich des Verletzten an und begann damit, das ausgelaufene Öl aufzufangen. Infolge einer unterstellten Sabotage am Stauwehr sank das Oberwasserkanal-Niveau bis zum Ansprechen der Alarmierung in beiden Blöcken. Wenig später verlor der Block 1 durch eine weitere Sabotage seine 220-kV-

und 50-kV-Anspeisung. Die Notstromdiesel und der Notstanddiesel des Blocks 1 starteten. Für den laufenden Block 2 bedeutete der Ausfall der externen Einspeisungen den Notstromfall. Ein Lastabwurf auf Eigenbedarf erfolgte und der Notstanddiesel startete. Das Oberwasserkanalniveau war in der Zwischenzeit so tief, dass der Durchfluss durch die Kondensatoren abbrach und der Dampf nicht mehr kondensiert wurde. Die Turbinen wurden infolgedessen durch zu hohen Kondensatordruck automatisch abgeschaltet. Die Generatorschalter öffneten und der Block 2 verlor die Betriebsschienen. Das führte zu einer Reaktorschnellabschaltung. Auf der gesamten Anlage gingen die Lichter aus. Auch im Block 2 starteten alle Notstromdiesel erfolgreich. Zum Zeitpunkt des Stromverlustes waren Mechaniker am Vorbereiten von Instandsetzungsarbeiten. Durch den Ausfall der Beleuchtung stolperte ein Mitarbeiter über bereitgelegtes Material und fiel durch eine offene Bodenöffnung auf das darunterliegende Podest.

Das KKB stufte die Ereignisse korrekt ein und meldete sie dem ENSI zeitgerecht. Die vorgegebenen Ziele für Werksnotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 wurden erreicht. Das KKB verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Durch die unangekündigte Vorverlegung des Übungsstarts der Werksnotfallübung INOPIA um zwölf Stunden war auch die gemäss der Richtlinie ENSI-B11 jährlich geforderte Alarmierungsnotfallübung integriert. Die Auswertung ergab, dass die Verfügbarkeit des Werksnotfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erfüllt wurden.

Eine Inspektion im Oktober 2022 zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren und die entsprechenden Anforderungen an die externen Notfallkommunikationsmittel gemäss der Richtlinie ENSI-B12 erfüllt sind.

1.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr erhöhte sich der Personalbestand des KKB auf 501 Personen (ohne Lernende), welche 486 Vollzeitstellen besetzten (Ende 2021: 481 Personen, ohne Lernende). Im Jahr 2022 wurden die Abteilungen Stilllegungsplanung und Projektierung/IT zusammengelegt. Diese organisatorische Anpassung erfolgte aus Ressourcen- und Synergiegründen, nachdem die Abteilung Stilllegung im Jahr 2018 in die Kraftwerksorganisation des KKB integriert wurde. Das ENSI erteilte die Freigabe des entsprechenden Kraftwerkreglements. Für den 1. Januar 2023 wurde der Wechsel des Kraftwerksleiters des KKB angekündigt. Der designierte Nachfolger absolvierte ein umfangreiches Einarbeitungsprogramm. Die Axpo Power AG unternimmt weiterhin Anstrengungen, um den laufenden Generationenwechsel im KKB durch frühzeitige und umsichtige Personalplanung optimal voranzutreiben.

Das Managementsystem des KKB besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm SN EN ISO 9001:2015. Die Rezertifizierung fand im Jahr 2021 statt. Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Schwerpunktinspektion zum Thema Konfigurationsmanagement durch. Dabei wurde überprüft, wie das KKB bei technischen Anlageänderungen sicherstellt, dass die Planung, Realisation und Dokumentation jederzeit aufeinander abgestimmt sind und der tatsächlichen Ausführung vor Ort entsprechen. Das ENSI bezog sich dabei insbesondere auf die Erfüllung der relevanten Vorgaben aus Artikel 40 der Kernenergieverordnung sowie der Richtlinie ENSI-G07. Das Änderungswesen im KKB enthält die erforderlichen Prozessschritte, welche bei technischen Änderungen gewährleisten, dass die Dokumentation und die tatsächliche Ausführung vor Ort aufeinander abgestimmt sind. Ferner ist sich das KKB der Herausforderungen auf den Lieferantmärkten bewusst. Das KKB ergriff entsprechende Massnahmen, unter anderem die bewusster Kommunikation der spezifizierten Anforderungen über die gesamte Lieferkette, sodass die Lieferanten und Unterprioritäten diese auch vollum-

fänglich verstehen. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

Aufgrund des Vorkommnisses «Ungeplante Nichtverfügbarkeit eines Abblaseventils» im Berichtsjahr hat das ENSI das KKB aufgefordert, seine Vorkommnisse und Ereignisse seit 2014 auf ähnliche zugrundeliegende Ursachen vertieft zu analysieren und dabei insbesondere die menschlichen und organisatorischen Aspekte zu berücksichtigen. Ferner sind der Prozess zur Entscheidungsfindung im Rahmen von Ereignisabläufen, die Analysetiefe bei der Ereignisbearbeitung sowie die Wirksamkeit von Folgemassnahmen aus den analysierten Vorkommnissen zu überprüfen. Das KKB hat auch hinsichtlich der Turbinenschnellabschaltung mit anschliessender Reaktorschnellabschaltung sowie hinsichtlich des Alterungsmanagements aufgrund der Leckagen im Chemie- und Volumenregelsystem eine vertiefende übergreifende Analyse durchzuführen. Im Rahmen dieser Analyse sind die erforderlichen Kriterien zur Überprüfung der Wirksamkeit der umzusetzenden Verbesserungsmaßnahmen festzulegen. Im Berichtsjahr stellte das ENSI des Weiteren fest, dass trotz vorhandener Prozessvorgaben die Ereignis- und Folgemassnahmenberichte teilweise nicht den Anforderungen gemäss der Richtlinie ENSI-B03 genügten.

Im Berichtsjahr legten zwei Schichtchefs sowie drei Reaktoroperateure ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und 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. Zwei Reaktoroperateure schlossen die Ausbildung zum Techniker HF, Fachrichtung Grossanlagenbetrieb mit Erfolg ab. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2021 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2022 der Abteilung Betrieb durch. Gegenstand der Inspektion waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator und die allgemeine Wiederholungsschulung sowie deren Änderungen und Neuerungen. Ferner wurde das Ausbildungsprogramm des Personals der Abteilung Überwachung auf die Einhaltung der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Die Ausbildungsprogramme des KKB in den inspizierten Bereichen erfüllten die Anforderungen.

1.8 Sicherheitsbewertung

1.8.1 Block 1

Im Jahr 2022 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 folgenden zusammenfassenden Beurteilungen: Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen richten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts. Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

Auslegungsvorgaben

Das ENSI beurteilt die im Kapitel 1.2 beschriebene Abweichung im Bereich der Auslegungsvorgaben als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Bewertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES vorliegen, bewertet das ENSI die

Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als gut.

Betriebsvorgaben

Spezifisch für den Block 1 liegen keine Bewertungen der Kategorien A und höher vor. Doch die im Kapitel 1.2 für den Block 2 beschriebene Abweichung im Bereich der Betriebsvorgaben gilt auch für den Block 1, da die entsprechenden Betriebsvorgaben für beide Blöcke identisch sind. Daher bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich der Betriebsvorgaben genauso wie für den Block 2 (siehe Kapitel 1.8.2) als gut.

Zustand und Verhalten der Anlage

Das ENSI beurteilt die im Kapitel 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 vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Das ENSI beurteilt die im Kapitel 1.2 beschriebenen Abweichungen im Bereich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Das KKB analysierte und bewertete die Abweichungen jedoch nicht ausreichend. Entsprechend verlangte das ENSI die Durchführung vertiefender Analysen (siehe Kapitel 1.7). Aufgrund des gehäuft festgestellten Analysebedarfs bewertet das ENSI die Sicherheit beider Blöcke hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als ausreichend.

1.8.2 Block 2

Im Jahr 2022 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Erläuterungen zur Sicherheitsbewertung) beschriebenen System sämtliche Inspektionsgegenstände, Ergebnisse

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

**Sicherheitsbewertung 2022
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		Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation
Ziele					
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität		N	A	N
	Kühlung der Brennelemente	A	A	A	N
	Einschluss radioaktiver Stoffe	N	N	A	N
	Begrenzung der Strahlenexposition	N	V	N	V
	Schutzzielübergreifende Bedeutung		N	N	A

**Sicherheitsbewertung 2022
KKB 1: Schutzziel-Perspektive**
Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, aber mit zusätzlicher Darstellung radiologischer Auswirkungen.

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

**Sicherheitsbewertung 2022
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		Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation
Ziele					
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität		N	A	N
	Kühlung der Brennelemente	A	A	A	A
	Einschluss radioaktiver Stoffe	N	N	A	N
	Begrenzung der Strahlenexposition	N	V	N	V
	Schutzzielübergreifende Bedeutung		N	N	A

**Sicherheitsbewertung 2022
KKB 2: Schutzziel-Perspektive**
Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, aber mit zusätzlicher Darstellung radiologischer Auswirkungen.

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 folgenden 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

Das ENSI beurteilt die im Kapitel 1.2 beschriebene Abweichung im Bereich der Auslegungsvorgaben als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Bewertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als gut.

Betriebsvorgaben

Das ENSI beurteilt die im Kapitel 1.2 beschriebene Abweichung im Bereich der Betriebsvorgaben als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Bewertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich der Betriebsvorgaben als gut.

Zustand und Verhalten der Anlage

Das ENSI beurteilt die im Kapitel 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 vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2

des KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Das ENSI beurteilt die im Kapitel 1.2 beschriebenen Abweichungen im Bereich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Das KKB analysierte und bewertete die Abweichungen jedoch nicht ausreichend. Entsprechend verlangte das ENSI die Durchführung vertiefender Analysen (siehe Kapitel 1.7). Aufgrund des gehäuft festgestellten Analysebedarfs bewertet das ENSI die Sicherheit beider Blöcke hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als ausreichend.

2



2. Kernkraftwerk Gösgen

2.1 Überblick

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

Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKG hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als gut, hinsichtlich der Betriebsvorgaben als gut, hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut und hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als gut.

Das KKG 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 des Anhangs zusammengestellt. Figur 5a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage.

Im Berichtsjahr gab es im KKG sechs meldepflichtige Vorkommnisse mit Bezug zur nuklearen Sicherheit zu verzeichnen, die das ENSI alle der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zuordnete.

Das ENSI führte im Rahmen seiner Aufsicht 124 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungen und überwachte deren Umsetzung.

Der Revisionsstillstand dauerte vom 21. Mai bis zum 23. Juni 2022. Neben dem Austausch von Brennelementen fanden Prüfungen und Inspektionen an Komponenten und Systemen statt. Es zeigten sich keine Befunde, die einem sicheren Betrieb entgegenstanden hätten.

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.

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 drei Reaktoroperatoren die Zulassungsprüfung.

2.2 Betriebsgeschehen

Das KKG erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 90,3% und eine Zeitverfügbarkeit von 91%. Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war hauptsächlich auf den Revisionsstillstand zurückzuführen.

Die ausgekoppelte Prozesswärme für die Versorgung einer nahegelegenen Kartonfabrik und einer benachbarten Papierfabrik belief sich auf 226,7 GWh.

Zur Durchführung geplanter Prüfungen und auf Anforderung des Lastverteilers erfolgten kurzzeitige Leistungsabsenkungen.

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

■ Am 25. Mai 2022 fiel eine Kaminmessstelle für die Überwachung der Beta-Aktivität aus. Das Signal kehrte nach einer Ausfallzeit von neun Minuten von alleine zurück. Die Ursache konnte aufgrund des selbständigen Zurückkehrens des Messsignals, welches noch vor dem Eintreffen der Fachabteilung erfolgte, nicht eruiert werden. Während des kurzen Ausfalls war die Überwachung der Beta-Aktivität im Kamin durch die parallele Messung sichergestellt. Als mögliche Ursachen wurden verschiedene Baugruppen der Aktivitätsmessstelle in Betracht gezogen, da diese für die interne Stromversorgung der Messstelle verantwortlich sind. Die Baugruppen wurden im Anschluss an

das Vorkommnis vorsorglich ersetzt. Um bei einem erneuten Ausfall die Ursache identifizieren zu können, wurde eine zusätzliche Messwerterfassung aufgebaut, die diverse Messpunkte der Aktivitätsmessstelle aufzeichnet. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Ausfall einer Kaminmessstelle für die Überwachung der Beta-Aktivität 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».

■ Im Zuge der geplanten Geradheitsmessungen im Rahmen von Inspektionsarbeiten an Brennelementen während des Revisionsstillstands wurden am 31. Mai 2022 am fünften und sechsten Abstandhalter an einem Brennelement auffällige Abstandhalterecken entdeckt. Das KKG ersetzte den Brennstab an der betroffenen Ecke durch einen Dummystab. Das Brennelement konnte im folgenden Zyklus wieder eingesetzt werden. Im Laufe der weiteren Inspektionen wurde am 3. Juni 2022 eine Auffälligkeit am sechsten Abstandhalter eines weiteren Brennelements festgestellt. Dieses Brennelement war für den Einsatz im Folgezyklus nicht eingeplant. Am 6. Juni 2022 wurde eine Auffälligkeit am sechsten Abstandhalter eines weiteren Brennelements festgestellt. Auch dieses Brennelement war für den Einsatz im Folgezyklus nicht eingeplant. Aufgrund der Aktivitätsüberwachung beim Entladen des Reaktors bestand kein Verdacht auf einen Brennstabschaden. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Abstandhalterbeschädigungen an Brennelementen der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

■ Während des Revisionsstillstands wurden am 2. Juni 2022 bei einer visuellen Prüfung der horizontalen Schweissnaht zwischen

Rohrboden und Trennwand auf der Einlaufseite der Primärkalotte eines Dampferzeugers drei lineare Rissanzeigen parallel zum Rohrboden detektiert. Die Risslängen betragen rund 80 mm, 32 mm und 39 mm. Auf der Auslaufseite wurden keine Anzeigen festgestellt, sodass ein Durchriss ausgeschlossen werden konnte. Die beiden anderen Dampferzeuger wurden ebenfalls visuell geprüft und sind befundfrei. Aufgrund der eingeschränkten Zugänglichkeit infolge einer Ortsdosisleistung von rund 40 bis 50 mSv pro Stunde in der primärseitigen Wasserkammer des Dampferzeugers konnten keine zusätzlichen Prüfungen vor Ort vorgenommen werden. Das KKG hat zerstörungsfreie Prüfmethode zur Risstiefenbestimmung entwickelt und an einem Modell qualifiziert, um sie während des Revisionsstillstands 2023 einsetzen zu können. Während des Revisionsstillstands 2022 wurden Analysen zum Schadensmechanismus und zum Rissfortschritt sowie Störfallanalysen zu den Konsequenzen eines postulierten Durchrisses durchgeführt. Die Ursachenanalyse ist noch nicht vollumfänglich abgeschlossen. Die Analysen zeigten jedoch, dass die Rissbefunde einem Wiederanfahren des KKG nach dem Revisionsstillstand 2022 nicht entgegenstanden. Das KKG plant, den betroffenen Dampferzeuger während des Revisionsstillstands 2023 zu reparieren. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Rissanzeigen, die parallel zum Rohrboden eines Dampferzeugers detektiert wurden, der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- und barrierenübergreifender Bedeutung sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

■ Im Zuge des Projekts zur Erweiterung der Notstandfunktionen werden im Notstandgebäude diverse Systeme technisch aufgerüstet. Um den dadurch erhöhten elektrischen Leistungsbedarf bereitzustellen, hat sich die Gesamtprojektleitung für die Verlegung von zwei neuen Kabelsträngen für die Verbindung vom Notstandgebäude

zum Schaltanlagegebäude entschieden. Am 28. Januar 2022 reichte das Ressort Bautechnik des KKG beim ENSI einen entsprechenden Baufreigabeantrag der Hierarchiestufe 1 ein. Das KKG wies den Elektro-Rohrblock der Bauwerksklasse II zu. Der Antrag enthält deshalb freigabepflichtige Arbeiten, wie das Verlegen von Leerrohren, die Ummantelung der Leerrohre mit Beton und die Verlegung der Erdungsbänder als Blitzschutz. Als integraler Bestandteil dieses Freigabeantrags ist auch die Ausführung von Vorarbeiten zur Baufeldfreimachung enthalten. Das ENSI erteilte die entsprechende Freigabe am 25. Februar 2022, verbunden mit verschiedenen Auflagen. Das KKG begann am 2. Februar 2022 gemäss der Anweisung der Bau- und Projektleitung mit nicht freigabepflichtigen Vorarbeiten: Aushub und Verklemmungsumlegungen. Im Zuge dieser Vorarbeiten zeigte sich, dass ein lokaler Bereich dieser Arbeiten erst abgeschlossen werden kann, nachdem der darunterliegende Abschnitt des Kabelrohrblocks bereits verlegt worden ist. Die KKG-Bauleitung hat die ausführende Firma daher damit beauftragt, mit der Absicht, die Vorarbeiten in diesem Bereich in Gänze zu Ende bringen zu können. Die Arbeiten umfassten die Verlegung von zwölf Leerrohren mit Betonummantelung und das Auslegen der Erdungsbänder. Das ENSI war über die geplanten Vorarbeiten in Kenntnis gesetzt worden, jedoch nicht über die Arbeiten am noch nicht freigegebenen Rohrblock. Das ENSI wies das KKG am 11. März 2022 darauf hin, dass die bereits ausgeführten Arbeiten am Rohrblock als freigabepflichtig eingestuft sind. Daraufhin stoppte das KKG die Bauarbeiten umgehend. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Tatsache, dass interne Vorgaben zur vorzeitigen Ausführung von Arbeiten am Rohrblock führten, der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt der Betriebsvorgaben mit sicherheitsebenen- und schutzzielübergreifender Bedeutung.

■ Am 8. August 2022 fiel eine Kaminmessstelle für die Überwachung der Beta-Aktivität

aus. Das Signal kehrte nach einer Ausfallzeit von sieben Minuten von alleine zurück. Analog zum Vorkommnis vom 25. Mai 2022 konnte die Ursache aufgrund des selbständigen Zurückkehrens des Messsignals, welches noch vor dem Eintreffen der Fachabteilung erfolgte, nicht eruiert werden. Während des kurzen Ausfalls war die Überwachung der Beta-Aktivitäten im Kamin durch die parallele Messung sichergestellt. Als mögliche Ursachen wurden nunmehr verschiedene Baugruppen der Aktivitätsmessstelle in Betracht gezogen, da diese für die interne Stromversorgung der Messstelle verantwortlich sind. Die Baugruppen wurden im Anschluss an das Vorkommnis vorsorglich ersetzt. Als mögliche gemeinsame Grundursache der insgesamt drei Vorkommnisse im Bereich der Kaminmessungen seit Ende 2021 werden alterungsbedingte Verschleisserscheinungen an Bauteilen angenommen. Externe Experten analysieren die Ursache vertieft. Der Ersatz der Edelgasmessstellen ist auf Ende 2024 terminiert. Bis zur definitiven Erneuerung werden präventive Instandhaltungsarbeiten durchgeführt, um künftig ähnliche Störungen im Bereich der Kaminmessungen zu vermeiden. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Ausfall einer Kaminmessstelle für die Überwachung der Beta-Aktivität 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».

■ Im Rahmen der Vergrösserung der Deionatvorräte wurden je drei kapazitive Niveaumessungen in die beiden Notstandeionatbecken eingebaut und während des Revisionsstillstands 2021 in Betrieb genommen. Im Herbst 2021 wurde ein Ansteigen aller sechs Niveaumesswerte beobachtet. Ein reelles Ansteigen des Wasserstandes konnte ausgeschlossen werden. Während des Revisionsstillstands 2022 wurden beide Becken geleert und gereinigt. Seit Oktober 2022 kann wiederum ein Ansteigen der

Niveaumesswerte beobachtet werden. Der Wasserstand der beiden Notstanddeionatbecken wird seit dem 29. Juli 2021 regelmäßig mit einer unabhängigen Einperlmessung überprüft. Die direkte Ursache der Messwertabweichung liegt in der unzureichenden Feststellung der Auslegungsbedingungen für die Niveaumessungen. Das eingesetzte kapazitive Messverfahren wird durch eine Änderung der Leitfähigkeit des Deionats in den Notstanddeionatbecken beeinflusst. Diese wird jedoch fälschlicherweise als Änderung des Füllstandes interpretiert. Das kapazitive Messprinzip ist deshalb nicht für Medien geeignet, deren Leitfähigkeit sich zeitlich verändert. Daher ist ein geeignetes Messsystem zu evaluieren und eine entsprechende Anlageänderung zu initiieren. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Auslegung der kapazitiven Niveaumessungen in den Notstanddeionatbecken der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt der Auslegungsvorgaben mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente». Die Anzahl Vorkommnisse in den vergangenen zehn Jahren ist im Anhang in Figur 2 dargestellt. Eine Übersicht über die meldepflichtigen Vorkommnisse im Berichtsjahr findet sich in Tabelle 4.

2.3 Anlagentechnik

2.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstands vom 21. Mai bis zum 23. Juni 2022 erfolgten Brennelementwechsel, Brennelementinspektionen, Prüfungen elektrischer und mechanischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Prüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten. Von den Arbeiten an mechanischen Komponenten seien an dieser Stelle die folgenden genannt:

- An den Heizrohren der Dampferzeuger wurden mechanisierte Wirbelstromprüfungen durchgeführt. Dabei wurden bereits bekannte Befunde bestätigt und als zulässig



Eine von drei Hauptkühlmittelpumpen.
Foto: KKG

bewertet, da sie sich seit den letzten Prüfungen nicht verändert haben.

- Mechanisierte indirekte Prüfungen an der Innenoberfläche der Hauptkühlmittelpumpen zeigten bewertungspflichtige Befunde, die sich seit den letzten Prüfungen nicht verändert haben. Sie wurden als zulässig bewertet.

- Bei mechanisierten Wirbelstromprüfungen an den 24 Hauptverbindungsschrauben einer Hauptkühlmittelpumpe stellte das KKG an einer Hauptverbindungsschraube einen bewertungspflichtigen Befund fest. Er wurde durch eine visuelle Prüfung und eine Oberflächenrissprüfung ergänzend überprüft. Das KKG bewertete den Befund als zulässig. Der Sachverständige überprüfte und akzeptierte die Bewertung.

- Aufgrund der Befunde von Spannungsrisskorrosion an Rohrleitungsschweißnähten in französischen Kernkraftwerken wurden an den acht Rohrleitungsschweißnähten des Nachkühlsystems, die bisher noch nie geprüft worden waren, Oberflächenriss- und Ultraschallprüfungen durchgeführt. Diese zeigten keine Befunde.

- Das KKG führte an Rohrleitungen und Schweißnähten des Frischdampfsystems

und des nuklearen Nachkühlsystems umfangreiche zerstörungsfreie Prüfungen durch. Sie ergaben keine Auffälligkeiten.

■ Im Rahmen der Dichtheitsprüfungen an diversen Isolationsarmaturen und Abschlüssen des Containments wurden keine unzulässigen Leckageraten festgestellt.

2.3.2 Anlageänderungen

Folgende Anlageänderungen seien an dieser Stelle erwähnt: Ersatz des ungesicherten Reaktorschutzes, von Messumformern, Batterien, Schaltanlageneinschüben, Schaltanlagentransformatoren, Eigenbedarfstransformatoren und des Siedeabstandmonitors sowie der Aktivitätsmessungen im Fremddampfsystem für eine nahegelegene Kartonfabrik.

Im Rahmen des Ersatzes des ungesicherten Reaktorschutzes baute das KKG eine neue Reaktorschutztafel im Hauptkommandoraum ein. Die neuen Leittechnikschränke der Redundanzen 1 bis 4 waren bereits im Vorfeld des Revisionsstillstands rückwirkungs-frei zur bestehenden Anlage eingebaut und dabei eigenständig geprüft worden. Während des Revisionsstillstands erfolgte die Anbindung an die bestehende Anlage. Der Umbau und die Inbetriebnahme der Notstromfunktionen der Stränge 1 bis 4 waren im Rahmen der jeweiligen Strangfreischaltungen durchgeführt und bereits erfolgreich mit den jeweiligen betrieblichen Reaktorschutzprüfungen getestet worden. Die «kalte» Inbetriebsetzung mit den verfahrenstechnischen Prüfungen konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Die «heisse» Inbetriebsetzung erfolgte mit der Durchführung sämtlicher Reaktorschutzprüfungen im Rahmen des Anfahrens der Anlage.

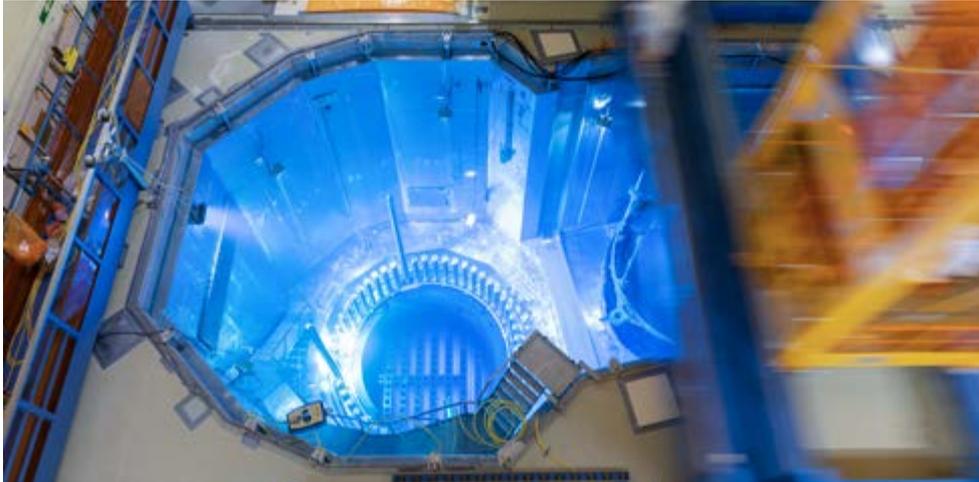
Das KKG hatte Ende 2016 ein nicht vollständiges Schliessen von Brandschutzklappen im Rahmen von Anlageversuchen als Vor-kommnis gemeldet (siehe Seite 49 im Aufsichtsbbericht 2016). Eine reaktive Inspektion zum Thema Brandschutzklappen zeigte Mängel in den Bereichen Funktion und Unterhalt sowie für das Vorgehen bei Modifikationen. Im Berichtsjahr setzte das KKG



**Neue Eigenbedarfs-
trafostation für
das Schaltanlagen-
gebäude.
Foto: KKG**

den Austausch der Brandschutzklappen erfolgreich fort.

Das KKG führte im Berichtsjahr im Rahmen des Projekts zur Erweiterung der Notstandfunktionen zwei Qualifizierungsversuche für neue Handarmaturen zur Absperrung von Messleitungen für den Fall eines Messleitungsbruchs durch. In beiden Versuchen konnten die Dichtheitsanforderungen an die Handabsperrarmaturen, die das KKG für das Qualifizierungsprogramm festgelegt hatte, nicht erfüllt werden. Das KKG führte die Versuche zur Gewährleistung der erforderlichen Qualitätsanforderungen an die Armaturen erst auf Nachforderung des ENSI durch. Die ursprünglich eingereichten und vom KKG für den Qualifizierungsnachweis als ausreichend beurteilten Prüfbescheide hatte das ENSI nicht anerkannt. Das ENSI äusserte bereits nach dem ersten Qualifizierungsversuch Bedenken, dass die neuen Handabsperrarmaturen aufgrund konstruktiver Schwächen und der eingesetzten Materialien für den geplanten Einsatz nicht geeignet seien und forderte das KKG deshalb auf, ein neues Konzept zur Beherrschung des Messleitungsbruchs zu entwickeln. Erst nach dem zweiten geschei-



Entladener Reaktor.
Foto: KKG

terten Qualifizierungsversuch entschied das KKG, auf den Einbau der neuen Handabsperrarmaturen zu verzichten.

2.3.3 Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente

Geringe Aktivitätskonzentrationen im Primärkühlmittel liessen den Schluss zu, dass im 43. Betriebszyklus (2021/2022) keine Brennstabdefekte mit Aktivitätsfreisetzung aufgetreten sind. Während des Revisionsstillstands wurden 36 frische Uran-Brennelemente in den Reaktorkern geladen, der damit im 44. Betriebszyklus insgesamt 92 Uran- und 85 WAU-Brennelemente (wiederaufgearbeitetes Uran) enthält.

Die umfangreichen Inspektionen der Standard-Brennelemente mit Uran- und WAU-Brennstoff und verschiedenen Standzeiten zeigten auslegungsgemässe Zustände. Dies galt auch für die Brennelementverbiegung. Die an Brennstäben mit verschiedenen Hüllrohrmaterialien gemessenen Oxidschichtdicken waren gering und lagen im erwarteten Bereich.

Messprüfungen und administrative Massnahmen stellten die Einsatztauglichkeit der im Zyklus 44 eingesetzten Steuerelemente sicher. Damit wird gewährleistet, dass die mögliche Durchmesserzunahme nicht zu einer Rissbildung führt und alle Sicherheitskriterien eingehalten sind.

Das ENSI hat sich davon überzeugt, dass das KKG neue Brennelemente und Steuer-

elemente einsetzt, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen. Zudem vergewisserte sich das ENSI, dass das KKG nur bestrahlte Brennelemente und Steuerelemente mit defektfreien Hüllrohren in den Reaktor einsetzt.

Im Berichtsjahr 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.

2.4 Strahlenschutz

Das KKG verzeichnete aus strahlenschutztechnischer Sicht ein erfolgreiches Betriebsjahr mit einem umfangreichen Revisionsstillstand. Insgesamt betrug die Kollektivdosis 345 Pers.-mSv, die maximale Individualdosis lag bei 5,8 mSv.

In Bezug auf die Wasserchemie im Primärkreislauf erwies sich die seit 2005 betriebene Zinkeinspeisung als erfolgreich. Die Dosisleistung reduzierte sich an den Komponenten des KKG um durchschnittlich 76%. Die ergriffenen Massnahmen im Strahlenschutz waren sowohl für den Revisionsstillstand als auch für den Leistungsbetrieb zielführend. 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 betragen rund 27 % 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 Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKG unter ungünstigen Annahmen. Die potenziellen Jahresdosen lagen für Erwachsene, Zehnjährige und für Kleinkinder unter 0,001 mSv und damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv pro Jahr gemäss der Richtlinie ENSI-G15. Die Dosisleistungsmesssonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werks zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Die EDIS-Dosimeter (Environmental Direct Ion Storage Dosimeter) am Zaun des Areals registrierten keine signifikante Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen an der Umzäunung des KKG durch, die ebenfalls keine signifikanten Erhöhungen gegenüber der Untergrundstrahlung zeigten. Die Messungen des Betreibers und des ENSI gaben keinen Hinweis auf eine Verletzung der nach Artikel 79 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals 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 2022 des ENSI verwiesen.

2.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKG regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instand-

haltungs-, Umbau- oder Nachrüstungs-massnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Im Berichtsjahr fielen 26 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 28 m³ im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brennbare und weitere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in den Anlagen der Zwiilag 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. Im Berichtsjahr wurden elf Fässer mit Coreschrott zementiert sowie 18 Harzfässer mit Bitumen verfestigt.

Die konditionierten Abfallgebände werden im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKG nutzt zudem die Kapazitäten des Zentralen Zwischenlagers der Zwiilag in Würenlingen. Im Berichtsjahr wurden 20 Fässer dortin transportiert. Bei der jährlichen Inspektion des Lagergutes 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 23,7 t Material befreit.

Im Berichtsjahr führte das KKG vier innerbetriebliche Transporte mit insgesamt 48 abgebrannten Brennelementen aus dem Brennelementbecken des Reaktorgebäudes ins werkseigene externe Nasslager durch. Weitere Information zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente findet sich im Kapitel 8.

2.6 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI beobachtete und beurteilte die Notfallorganisation des KKG im November 2022 im Rahmen der Werksnotfallübung KASSANDRA. Das Szenario unterstellte, dass ein Erdbeben das seismische Abschaltssystem ansprechen liess, welches eine Reaktorschnellabschaltung auslöste. Das Erdbeben führte zum Ausfall des 220-kV-Netzes und nach rund 45 Minuten zum Verlust des 380-kV-Netzes und damit zum Notstromfall. Weil die Trafokühlung infolge spannungsloser zweiter Wasserfassung ausfiel, fing der Eigenbedarfstransformator Feuer. Die Schicht stiess zudem auf ein Leck im Ladebecken, in welchem sich ein Brennelement befand. Auf dem Vorplatz wurde zum Zeitpunkt des Erdbebens gerade ein Transport radioaktiver Abfälle abgewickelt. Ein zu verladender Behälter fiel seitlich vom Stapler und wurde beschädigt.

Das KKG stufte die Ereignisse korrekt ein und meldete sie dem ENSI zeitgerecht. Die vorgegebenen Übungsziele für Werksnotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 wurden erreicht. Das KKG verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im Oktober 2022 zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren und die entsprechenden Anforderungen an die externen Notfallkom-

munikationsmittel gemäss der Richtlinie ENSI-B12 erfüllt sind.

Ferner löste das ENSI im Oktober 2022 ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKG aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werksnotfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigt werden konnte.

2.7 Personal und Organisation

Der Personalbestand des KKG erhöhte sich im Berichtsjahr auf 582 Personen (ohne Lernende), welche 558 Vollzeitstellen besetzten (Ende 2021: 574 Personen, ohne Lernende). Im Berichtsjahr wurden insbesondere innerhalb der Abteilungen Betrieb und Langzeitbetrieb (neu: Abteilung ERNOS) organisatorische Änderungen umgesetzt. Die Abteilung ERNOS (ehemals: Abteilung Langzeitbetrieb) fokussiert sich zukünftig auf die Planung und Umsetzung der Arbeiten im Rahmen des Projekts zur Erweiterung der Notstandfunktionen. Das ENSI führte mit dem KKG im Berichtsjahr Gespräche mit dem Ziel, die Abwicklung von Freigabeverfahren im Rahmen von Projekten zu verbessern. Aus Sicht des ENSI können die identifizierten Handlungsfelder künftig zu einer Verbesserung der Projektabwicklung beitragen. In der Abteilung Betrieb wurde das neue Ressort Betriebsplanung gebildet. Die fachlichen Kompetenzen und Aufgaben im Bereich der menschlichen und organisatorischen Faktoren und der Sicherheitskultur wurden im Ressort «Human and Organizational Factors» zusammengefasst. Ferner gab das ENSI per 1. Januar 2023 die folgende Organisationsänderung frei: Die Abteilung Sicherheit umfasst neben den beiden Ressorts Probabilistik und Deterministik neu das Ressort «Erdbeben und Anlagenauslegung». Diese organisatorische Änderung zog geringfügige Auswirkungen auf die Abteilungen «Personal und Dienste» sowie Maschinentechnik nach sich, welche einige Aufgaben der ehemaligen Abteilung Langzeitbetrieb übernommen haben. Vor dem Hintergrund eines sich zuspitzenden Know-how- und Kapazitätsverlustes auf dem Lieferanten- und Arbeitsmarkt verfolgt das KKG

weiterhin das Ziel, das erforderliche Wissen und die notwendigen Ressourcen für den Langzeitbetrieb selbst aufzubauen und zu erhalten. Das dadurch innerhalb des KKG noch zusätzlich aufzubauende Know-why sowie die erforderliche Kompetenz zur Projektabwicklung wurde erkannt und ist Teil der Personalstrategie des KKG.

Das KKG führte im Berichtsjahr sein Programm zur Stärkung der menschlichen und organisatorischen Aspekte der nuklearen Sicherheit und zur Weiterentwicklung der Sicherheitskultur fort. Der Fokus der Aktivitäten lag auf der täglichen Arbeitspraxis und auf dem Transfer der Erfahrungen in die gesamte Organisation des KKG. Das ENSI begleitete die Arbeiten des KKG im Bereich der Sicherheitskultur aufsichtlich.

Das Managementsystem des KKG besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm SN EN ISO 9001:2015. Die Rezertifizierung fand im Berichtsjahr statt. Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Schwerpunktspektion zum Thema Konfigurationsmanagement durch. Dabei wurde überprüft, wie das KKG bei technischen Anlageänderungen sicherstellt, dass die Planung, Realisation und Dokumentation jederzeit aufeinander abgestimmt sind und der tatsächlichen Ausführung vor Ort entsprechen. Das ENSI bezog sich dabei insbesondere auf die Erfüllung der relevanten Vorgaben aus Artikel 40 der Kernenergieverordnung sowie der Richtlinie ENSI-G07. Das Änderungswesen im KKG enthält die erforderlichen Prozessschritte, welche bei technischen Änderungen gewährleisten, dass die Dokumentation und die tatsächliche Ausführung vor Ort aufeinander abgestimmt sind. Ferner ist sich das KKG der Herausforderungen auf den Lieferantenmärkten bewusst. Das KKG ergriff entsprechende Massnahmen, unter anderem die bewusster Kommunikation der spezifizierten Anforderungen über die gesamte Lieferkette, sodass die Lieferanten und Untertierlieferanten diese auch vollumfänglich verstehen. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

Im Berichtsjahr legten drei Reaktoroperateure ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg

ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und 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. Zwei Reaktoroperateure schlossen die Ausbildung zum Techniker HF, Fachrichtung Grossanlagenbetrieb mit Erfolg ab. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2021 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2022 der Abteilung Betrieb durch. Gegenstand der Inspektion waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator und die allgemeine Wiederholungsschulung sowie deren Änderungen und Neuerungen. Ferner wurde das Ausbildungsprogramm des Personals der Abteilung Überwachung auf die Einhaltung der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Die Ausbildungsprogramme des KKG in den inspizierten Bereichen erfüllten die Anforderungen.

2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Im Berichtsjahr setzte das ENSI die Prüfung der vom KKG Ende 2018 im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung eingereichten Dokumentation sowie weiterer nachgereicherter Unterlagen fort.

2.9 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2022 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

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

Sicherheitsbewertung 2022 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		Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation
Ziele					
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität		V	N	N
	Kühlung der Brennelemente	A	N	A	N
	Einschluss radioaktiver Stoffe	N	N	A	V
	Begrenzung der Strahlenexposition	N	N	A	V
	Schutzzielübergreifende Bedeutung	N	A	V	V

Sicherheitsbewertung 2022 KKG: Schutzziel-Perspektive

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

die nukleare Sicherheit. Dabei kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungsmatrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen richten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts. Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

Auslegungsvorgaben

Das ENSI beurteilt die im Kapitel 2.2 beschriebene Abweichung im Bereich der Auslegungsvorgaben als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Bewertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES vorliegen, bewertet das ENSI die

Sicherheit des KKG hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als gut.

Betriebsvorgaben

Das ENSI beurteilt die im Kapitel 2.2 beschriebene Abweichung im Bereich der Betriebsvorgaben als Abweichung mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Bewertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich der Betriebsvorgaben als gut.

Zustand und Verhalten der Anlage

Das ENSI beurteilt die im Kapitel 2.2 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 vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG

hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Aufgrund der im Kapitel 2.3.2 beschriebenen Erfahrungen im Rahmen des Projekts zur Erweiterung der Notstandfunktionen bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als gut statt hoch.

3



3. Kernkraftwerk Leibstadt

3.1 Überblick

Das KKL befand sich, abgesehen von der Jahreshauptrevision und einem kurzen Unterbruch aufgrund einer Turbinenabschaltung im September 2022, im ungestörten Leistungsbetrieb. Das ENSI stellt fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten wurden.

Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKL hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als hoch, hinsichtlich der Betriebsvorgaben als hoch, hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut und hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als ausreichend.

Das KKL ist eine Siedewasserreaktor-Anlage, die ihren kommerziellen Betrieb im Jahr 1984 aufnahm. Die elektrische Nettoleistung beträgt 1233 MW. Weitere Daten sind in den Tabellen 1 und 2 des Anhangs zu finden. Figur 5b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage.

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

Das ENSI führte 98 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Die Jahreshauptrevision begann planmässig am 13. Juni mit der Trennung des Generators vom Netz und endete am 12. Juli 2022 mit der erneuten Netzsynchrisation.

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.

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

Im Berichtsjahr bestanden zwei Reaktoroperateurinnen und elf Reaktoroperateure ihre Zulassungsprüfung.

3.2 Betriebsgeschehen

Das KKL verzeichnete im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 90,5% und eine Zeitverfügbarkeit von 91,9%. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind im Anhang in Figur 1 dargestellt. Die zeitliche Nichtverfügbarkeit der Anlage war durch die Jahreshauptrevision und einen kurzen Unterbruch im September bedingt. Der in der Jahreshauptrevision 2021 erneuerte Kondensator hatte einen positiven Einfluss auf die Arbeitsausnutzung. Durch eine deutliche Verbesserung der Kondensatorperformance konnten die elektrische Anlagenleistung gesteigert und Lastabsenkungen aufgrund hoher Umgebungstemperaturen vermieden werden.

Infolge der Covid-19-Pandemie traf das KKL auch im Berichtsjahr umfassende Schutzmassnahmen. Der notwendige Personalbestand zur Erfüllung aller sicherheitsrelevanten Aufgaben war jederzeit gewährleistet.

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

■ Am 1. Juli 2022 kam es beim Abpumpvorgang der Sammelbehälter des Konzentrationsaufbereitungssystems zu einem Austrag kontaminierter Filterharze in eine Leitung. Ein Saughebereffekt führte zu einem unbeabsichtigten Niveaueausgleich, dieser wiederum zum Austrag der Filterharze. Im betroffenen Raum vom Gebietstyp V stieg dadurch die Ortsdosisleistung unerwartet auf 1,5 mSv pro Stunde an, was einen Gebietstyp Y erfordert. Während einer Inspektion im betroffenen Raumbereich sprach der Dosimeteralarm an. Das Personal verhielt sich

vorschriftsgemäss und verliess den betroffenen Raumbereich umgehend. Es kam zu keiner erhöhten Strahlenexposition des Personals. Das Vorkommnis hatte keine Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Überschreitung der Ortsdosisleistung über den zulässigen Wert für den an diesem Ort deklarierten Gebietstyp V der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 2 sowie das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition».

■ Die Anlage befand sich am 25. September 2022 im ungestörten Vollastbetrieb, als ein fehlerhaftes Rückschubkriterium im Turbomat zur Schnellabschaltung der Dampfturbine führte. Der Generatorschalter öffnete und die Reaktorleistung wurde gemäss Betriebsvorschrift auf 25% reduziert. Die Anlage wurde im Bypassbetrieb weiterbetrieben. Alle Systeme funktionierten auslegungsgemäss. Als Störungsursache wurde eine fehlerhafte Leittechnik-Baugruppe im Turbomat identifiziert. Nach dem Wechsel der Leittechnik-Baugruppe konnte der Generator am 26. September 2022 wieder mit dem Netz synchronisiert werden. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Fehler in der Leittechnik-Baugruppe der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 sowie die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität» und «Kühlung der Brennelemente».

■ Am 6. Oktober 2022 wurde im Vollastbetrieb eine Leckage an einem Regelventil des Wasserabscheider-Zwischenüberhitzers entdeckt. Am 11. Oktober wurde die Verschraubung des Gehäusedeckels bei reduzierter Leistung und nach Ausserbetriebnahme des Wasserabscheider-Zwischenüberhitzers nachgezogen. Das verringerte die Leckage. Bei der Arbeitsdurchführung stellte der Strahlenschutz erhöhte Kontaminationswerte im Arbeitsbereich fest und

führte die nötigen Sofortmassnahmen zur Wiederherstellung der Zonenkonformität durch. Am Morgen des 12. Oktober wurde bei einer erneuten Wischtestkontrolle wiederum eine erhöhte Oberflächenkontamination von mehr als 10 CS festgestellt, da nicht die komplette Leckage durch die vorgängig installierte Wanne aufgefangen wurde. Dadurch wurde eine Zonenerhöhung im Bereich der Turbogruppe von Zone I auf Zone III notwendig. Die Ursachenklärung ist im Gang. Das Regelventil wird in der Jahreshauptrevision 2023 repariert. Die erhöhten Oberflächen- und Luftkontaminationen haben in Teilen des Maschinenhauses punktuell das Zonenkonzept verletzt. Die vom Strahlenschutz des KKL getroffenen Massnahmen gewährleisteten, dass das Personal nicht unzulässig der Strahlung ausgesetzt war und verhinderten weitere Kontaminationsausbreitungen. Das Vorkommnis führte zu keiner Beeinträchtigung des Leistungsbetriebs. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Überschreitung der Oberflächenkontamination über den zulässigen Wert für den an diesem Ort deklarierten Zonentyp I sowie die Undichtigkeit der Regelarmatur am Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer jeweils der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 sowie die Schutzziele «Einschluss radioaktiver Stoffe» und «Begrenzung der Strahlenexposition».

■ Im Rahmen der geplanten Totalrevision einer Pumpe des Druckabbaukammer-Reinigungssystems wurden am 26. Oktober 2022 vier abgerissene Schraubenköpfe der Deckscheibe des Pumpenleitrades vorgefunden. Während des Pumpenbetriebs wurde in der Vergangenheit keine Auffälligkeiten festgestellt. In Abstimmung mit dem Hersteller wurde die Pumpe revidiert und ohne Deckscheibe des Leitrades wieder montiert. Das KKL dokumentierte die Änderung in einer Abweichungsmeldung. Ein mehrtägiger Probelauf der Pumpe zeigte danach ein unauffälliges, abweichungsfreies Verhalten. Das ENSI ordnete im Rahmen



Kommandoraum.
Foto: KKL

der systematischen Sicherheitsbewertung die Beschädigung der Leitradbefestigung der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 sowie das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».

■ Am 1. Dezember 2022 wurde nach der Durchführung eines Systemfunktionstests an einem Notstromdiesel eine abgebrochene Schraube am Motorträger festgestellt. Alle 64 Schrauben am Motorträger des Diesels wurden daraufhin ersetzt. Es liegt ein Schwingungsbruch beziehungsweise ein Ermüdungsbruch an der Schraube vor. Eine Überprüfung der Bohrlöcher am Kurbelgehäuse sowie Schwingungsmessungen zeigten keine Auffälligkeiten. Weitere, zum Beispiel mikroskopische Untersuchungen an den ausgebauten Schrauben sind geplant. Die gebrochene Schraube führte zu keiner Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit des Notstromdiesels. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Bruch der Schraube am Motorträger des Diesels der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

■ Am 23. Dezember 2022 meldete das KKL, dass die gemäss Strahlenschutzbestim-

mungen vorzunehmenden periodischen Dichtheitsprüfungen zur Qualitätssicherung von geschlossenen radioaktiven Quellen seit 2019 nicht vollumfänglich durchgeführt worden waren. Als Sofortmassnahme wurden bei allen zugänglichen Strahlenquellen die Dichtheitsprüfungen durchgeführt. Diese Prüfungen haben ergeben, dass die Dichtheit der Strahlenquellen die gesetzlichen Anforderungen erfüllen. Als ursächliche Faktoren für das Vorkommnis wurden die persönliche Entscheidung eines Mitarbeiters, das unvollständige Verständnis für die Aufgabe, die Art der Dokumentation der durchgeführten Tätigkeiten, deren Kontrolle und die Mitarbeiterführung im betroffenen Bereich identifiziert. Beitragende Faktoren führte das KKL auf die vorhandenen Anweisungen und technischen Hilfsmittel für die Tätigkeit sowie auf die angespannte Ressourcensituation im zuständigen Ressort zurück. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Verletzung der Vorgaben der ENSI-Bewilligung für den Umgang mit radioaktiven Stoffen und der Prüfvorschrift zur Dichtheitsprüfung an radioaktiven Quellen sowie das Defizit in der Nutzung der Betriebserfahrung jeweils der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 sowie die Schutz-

ziele «Einschluss radioaktiver Stoffe» und «Begrenzung der Strahlenexposition».

Die Anzahl Vorkommnisse in den vergangenen zehn Jahren ist im Anhang in Figur 2 dargestellt. Eine Übersicht über die meldepflichtigen Vorkommnisse im Berichtsjahr findet sich in Tabelle 4.

3.3 Anlagentechnik

3.3.1 Revisionsarbeiten

Die Jahreshauptrevision dauerte vom 13. Juni bis zum 12. Juli 2022. Bestimmend für die Dauer der Jahreshauptrevision waren unter anderem die durchgeführten Nacharbeiten und Garantieinspektionen im Rahmen der im Jahr 2021 umgesetzten Grossprojekte: Ersatz der beiden Umwälzschleifen, Austausch des Hauptkondensators und die abschliessenden Arbeiten im Rahmen des Projekts «Mechanical Stress Improvement Process». Parallel dazu fanden Instandhaltungsarbeiten und Inspektionen an mechanischen und elektrischen Einrichtungen sowie an Bauwerken, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen sowie wiederkehrende Funktionsprüfungen und Begehungen an Systemen statt. Erwähnt seien folgende Arbeiten:

- Im Rahmen des Projekts «Mechanical Stress Improvement Process» wurden während der Jahreshauptrevision 2021 an den Mischschweissnähten von Reaktordruckbehälter-Stützen Massnahmen zur Optimierung der Eigenspannungsverteilung eingeführt. Die entsprechenden Arbeiten wurden in der Jahreshauptrevision 2022 fortgesetzt und abgeschlossen.

- Das KKL führte im Sekundärteil Wirbelstromprüfungen an den Hochdruckvorwärmern 5 und 6 durch.

- Die visuellen Inspektionen am Steigrohr zu einem Strahlpumpen-Paar wurden in der Jahreshauptrevision 2022 wiederholt. Die Anzeigen aus der Jahreshauptrevision 2021 konnten bestätigt werden. Ein weiteres Risswachstum konnte aus den Anzeigen nicht abgeleitet werden. Die im Jahr 2021 durchgeführten Sicherheitsnachweise sind weiterhin gültig. Die Reparatur ist in Planung.

- Die bereits in der Jahreshauptrevision 2021 begonnenen Messungen an zentra-

len Erdungspunkten wurden in der Jahreshauptrevision 2022 an den Divisionen 10 und 20 fortgesetzt.

- Die in der Jahreshauptrevision 2021 durchgeführten Teilentladungsmessungen an den Mittelspannungsdurchführungen der Division 10 wurden in der Jahreshauptrevision 2022 wiederholt. Die Ergebnisse aus dem Jahr 2021 konnten verifiziert werden.

- In Zusammenarbeit mit dem Wasserkraftwerk Klingnau wurde ein Inselbetriebstest auf der 6,6-kV- und 50-kV-Spannungsebene durchgeführt.

3.3.2 Anlageänderungen

Folgende Anlageänderungen seien zusätzlich zu den während der Jahreshauptrevision durchgeführten Arbeiten erwähnt:

- Das KKL stellte die Sanierung der Beschichtung der Reaktorkuppel Anfang November 2022 fertig.

- Im Rahmen der Kuppelsanierung wurde die Blitzschutzinstallation ertüchtigt.

- Das KKL erneuerte mehrere Batterien inklusive Ladestruktur.

- Im Bereich des Hauptkühlwassersystems wurde die Klappenhydraulik an mehreren Teilsystemen erneuert.

- Das KKL ersetzte ein Gebläse im Abgasystem.

3.3.3 Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente

Der Reaktor wurde im Berichtsjahr bis zur Abstellung für die Jahreshauptrevision Mitte Juni 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 92 frische Brennelemente nachgeladen. Davon stammen 68 von Framatome und 24 von Westinghouse Electric Sweden AB. Zur Vermeidung lokaler Ablagerungen werden einzelne Brennelemente von Westinghouse Electric Sweden AB, welche auf bestimmten Kernpositionen eingesetzt sind, vorsorglich in ihrer Leistung begrenzt.



Erneuerung der Beschichtung des Reaktorgebäudes zum Schutz der Betonstruktur vor Umwelteinflüssen. Foto: KKL

Wie bereits in den Jahren zuvor führte das KKL auch während der Jahreshauptrevision 2022 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. Das KKL ersetzte vier Steuerelemente. Damit wird gewährleistet, dass alle Steuerelemente bis zum Ende des aktuellen Betriebszyklus unterhalb der freigegebenen Abbrandlimite bleiben.

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

3.4 Strahlenschutz

Die Jahreshauptrevision 2022 wurde aus Sicht des Strahlenschutzes erfolgreich durchgeführt. Die Kollektivdosis von 982 Pers.-mSv entsprach der Plandosis. Die Ergebnisse der an ausgewählten Orten in der Anlage wiederkehrenden Messungen von Dosisleistungen waren mit den Vorjahrswerten vergleichbar. Wie erwartet, wurde eine gewisse Rekontaminierung von Systemen beobachtet, die während der Jahreshaupt-

revision 2021 dekontaminiert worden waren. Die schadenfreien Brennelemente des abgelaufenen Betriebszyklus trugen zur günstigen radiologischen Situation bei.

Insgesamt betrug die Jahreskollektivdosis 1449 Pers.-mSv. Die maximale Individualdosis lag für das Berichtsjahr bei 9,2 mSv. Das ENSI stellt fest, dass der Strahlenschutz des KKL eine zielführende Arbeit leistet.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Abgabelimite. Dies gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser ohne Tritium. Die Tritiumabgaben des KKL betragen rund 2% der Jahresabgabelimite. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern durch. Sie stimmten gut mit den vom KKL 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 KKL unter ungünstigen Annahmen. Die potenziellen Jahresdosen betragen rund 0,002 mSv für Erwachsene, 0,003 mSv für 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. Die Dosisleistungsmesssonden des vom ENSI betrie-

benen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die Thermolumineszenz-Dosimeter, die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerksareals angebracht sind, zeigten mit einem Höchstwert von 0,02 mSv pro Woche einen mit dem Vorjahr vergleichbaren Wert. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen an der Umzäunung des KKL durch, die ebenfalls keine signifikanten Veränderungen zeigten. Die Messungen des Betreibers und des ENSI gaben keinen Hinweis auf eine Verletzung der nach Artikel 79 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals 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 2022 des ENSI verwiesen.

3.5 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 54 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 4 m³ im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brennbare und weitere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung

in den Anlagen der Zwiilag 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 192 Gebinde konditioniert.

Die konditionierten Abfallgebände werden im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKL nutzt zudem die Kapazitäten des Zentralen Zwischenlagers der Zwiilag in Würenlingen. Im Berichtsjahr wurden 45 Gebinde dorthin transportiert. 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 8,8t Material befreit.

Bestrahlte Brennelemente werden nach einigen Jahren Lagerung im werkseigenen Brennelementbecken in Transport- und Lagerbehälter verpackt und in das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen zur Trockenlagerung überführt. Im Berichtsjahr fanden drei Transporte mit insgesamt 207 Brennelementen statt. Weitere Angaben zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente finden sich im Kapitel 8.

3.6 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI beobachtete und beurteilte die Notfallorganisation des KKL im Septem-

ber 2022 im Rahmen der Gesamtnotfallübung TYCHE. Ausgangslage war ein Anlagezustand im Volllastbetrieb. Mehrere eingangsunterstellte Ereignisse führten zum Verlust der externen Netzanbindung des Kernkraftwerks. Aufgrund des nachfolgend angenommenen Ausfalls aller Notstromdieselaggregate war die Anlage kurz darauf mit dem Verlust der elektrischen Eigenbedarfsversorgung konfrontiert. Das KKL konnte die Kühlung des bereits abgeschalteten Reaktors zunächst mit dem dampfgetriebenen Reaktorkernisoliations-Kühlsystem aufrechterhalten. Das KKL nahm das aus dem externen Lager Reitnau angeforderte und durch die Schweizer Luftwaffe eingeflogene Notfallmaterial fachgerecht in Empfang. Im Verlauf der Übung wurden weitere System- und Komponentenausfälle sowie das Versagen weiterer eingeleiteter Notfallmassnahmen unterstellt. Schliesslich kam es zu radioaktiven Abgaben an die Umgebung.

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

Eine Inspektion im Oktober 2022 zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren und die entsprechenden Anforderungen an die externen Notfallkommunikationsmittel gemäss der Richtlinie ENSI-B12 erfüllt sind.

Ferner löste das ENSI im Oktober 2022 ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKL aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werknotfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigt werden konnte.

3.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr verringerte sich der Personalbestand des KKL weiter auf 479 Personen, welche 471 Vollzeitstellen besetzten (Ende 2021: 506 Personen). Der Personalrückgang ist auf die Zielvorgaben der geschäftsführenden Axpo Power AG zurückzuführen.

Das ENSI begleitete die Personalreduktion auch im Jahr 2022 kritisch.

Im Hinblick auf das Jahr 2023 gab das ENSI die folgenden Organisationsänderungen frei: Das KKL unterstellt der Kraftwerksleitung die neue Fachstelle «Sicherheitskultur und Human and Organisational Factors». Innerhalb der Abteilung Betrieb wurde das neue Ressort «Planung/Absicherung» gebildet. In diesem Ressort wird zukünftig die Revisionsplanung zentralisiert. Neben klaren Verantwortlichkeiten erwartet das KKL auch eine effizientere Planung und Reduktion der Schnittstellen. Im Dezember 2022 wurde das ENSI über den Kraftwerksleiterwechsel per 1. Februar 2023 informiert.

Im Berichtsjahr führte das KKL eine Selbstbewertung der Sicherheitskultur gemäss der Methodik «Safety Culture Self-Assessment» der International Atomic Energy Agency IAEA durch. Diese Bewertung bildete den Abschluss des Projekts zur Sicherheitskultur, das von 2019 bis 2022 durchgeführt wurde. Die Ergebnisse zeigen, dass in allen bewerteten Bereichen eine deutliche Verbesserung im Vergleich zum Projektstart im Jahr 2019 erzielt wurde.

Im Rahmen des Vorkommnisses «Abweichung bei der Dichtheitsprüfung von Strahlenquellen» wurde festgestellt, dass die aus dem Vorkommnis «Verwendung von nicht den Prüfvorgaben entsprechenden Neutronendosisleistungsmessgeräten» aus dem Jahr 2019 abgeleiteten Massnahmen in diesem Tätigkeitsbereich noch nicht die gewünschte Wirkung erzielt haben. Dies betrifft unter anderem die Umsetzung des Vier-Augen-Prinzips zur Kontrolle der Einhaltung einer ordnungsgemäss durchgeführten Prüfung und der Bewertung der Ergebnisse durch eine unabhängige, nicht direkt an der Prüfung beteiligte Person. Zur Wahrnehmung dieser Prüf- und Kontrollaufgaben sind dem Personal auch die erforderlichen und geeigneten Arbeitsmittel zur Verfügung zu stellen. Im vorliegenden Fall stellte das ENSI Verbesserungsbedarf bezüglich der für die Prüfungsdokumentation genutzten Datenbank fest. Der Fokus der Aufsicht des ENSI wird sich auch weiter-

hin auf die wirksame Verbesserung der Betriebsführung zur Stärkung der gestaffelten Sicherheitsvorsorge auf den Sicherheitsebenen 1 und 2 richten.

Zu diesem Vorkommnis führte das ENSI am 22. Februar 2023 ein Fachgespräch durch. Das ENSI thematisierte dabei insbesondere die personelle Ressourcensituation im Ressort Strahlenschutz. Das ENSI stellte die Frage, inwieweit die personellen Ressourcen im Ressort Strahlenschutz ausreichen, um monotone Kontrollaufgaben des Strahlenschutzes auf mehrere Personen verteilen zu können. Das ENSI hat aufgrund des Vorkommnisses vom KKL eine Abklärung gefordert, inwieweit der Personalbestand ausreicht für die Kontrollfunktion der vorgeetzten Stellen und für die Kontrollaufgaben des Personals.

Das Managementsystem des KKL besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm SN EN ISO 9001:2015. Die Rezertifizierung fand im Berichtsjahr statt.

Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Schwerpunktspektion zum Thema Konfigurationsmanagement durch. Dabei wurde überprüft, wie das KKL bei technischen Anlageänderungen sicherstellt, dass die Planung, Realisation und Dokumentation jederzeit aufeinander abgestimmt sind und der tatsächlichen Ausführung vor Ort entsprechen. Das ENSI bezog sich dabei insbesondere auf die Erfüllung der relevanten Vorgaben aus Artikel 40 der Kernenergieverordnung sowie der Richtlinie ENSI-G07. Das Änderungswesen im KKL enthält die erforderlichen Prozessschritte, welche bei technischen Änderungen gewährleisten, dass die Dokumentation und die tatsächliche Ausführung vor Ort aufeinander abgestimmt sind. Ferner ist sich das KKL der Herausforderungen auf den Lieferantemärkten bewusst. Das KKL ergriff entsprechende Massnahmen, unter anderem die bewusstere Kommunikation der spezifizierten Anforderungen über die gesamte Lieferkette, sodass die Lieferanten und Unterlieferanten diese auch vollumfänglich verstehen. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

Im Berichtsjahr legten zwei Reaktoroperateurinnen und elf Reaktoroperateure ihre Zulassungsprüfungen 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 simulierten Normal- und Störfallsituationen. Fünf Reaktoroperateure schlossen die Ausbildung zum Techniker HF, Fachrichtung Grossanlagenbetrieb mit Erfolg ab. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2021 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2022 der Abteilung Betrieb durch. Gegenstand der Inspektion waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator und die allgemeine Wiederholungsschulung sowie deren Änderungen und Neuerungen. Ferner wurde das Ausbildungsprogramm des Personals der Abteilung Überwachung auf die Einhaltung der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Die Ausbildungsprogramme des KKL in den inspizierten Bereichen erfüllten die Anforderungen.

3.8 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2022 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 folgenden Beurteilungen: Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprü-

fungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen richten 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 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 im Kapitel 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 vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage wie bereits im Vorjahr als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Aufgrund der im Kapitel 3.7 dargestellten Ressourcensituation im Strahlenschutz bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als ausreichend statt gut.

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

Sicherheitsbewertung 2022 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		Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation
Ziele					
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität		N	A	N
	Kühlung der Brennelemente	N	N	A	N
	Einschluss radioaktiver Stoffe	N	V	A	A
	Begrenzung der Strahlenexposition	N	V	A	A
	Schutzzielübergreifende Bedeutung		V	N	V

Sicherheitsbewertung 2022 KKL: Schutzziel-Perspektive

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

4



4. Kernkraftwerk Mühleberg

4.1 Überblick

Am 20. Dezember 2019 wurde der Leistungsbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg (KKM) endgültig eingestellt. Im Jahr 2020 wurden alle Brennelemente aus dem Reaktor-druckbehälter in das Brennelementbecken transferiert und die für die Etablierung des sicheren technischen Nachbetriebs erforderlichen Massnahmen umgesetzt. Dazu gehörten Anlageänderungen, damit das Brennelementbecken autark und redundant gekühlt werden kann. Zugleich führte das KKM Vorbereitungsarbeiten für den Rückbau aus. Am 15. September 2020 wurde die Betriebsbewilligung durch die Stilllegungsverfügung des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) abgelöst. Seitdem laufen der technische Nachbetrieb und die Phase 1 der Stilllegung. Nach Abschluss mehrerer Transportkampagnen wurden bis Ende 2022 etwa die Hälfte der Brennelemente abtransportiert. Die Phase 1 wird andauern, bis die letzten Brennelemente abtransportiert sind. Im Zentrum der Aufsicht des ENSI steht weiterhin die Sicherstellung der Einhaltung aller Schutzziele zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit.

Das KKM, das seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1972 aufnahm und im Jahr 2019 beendete, war eine Siedewasserreaktor-Anlage mit 373 MW elektrischer Nettoleistung. Weitere Daten sind in den Tabellen 1 und 2 des Anhangs zu finden. Figur 5b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage.

Das ENSI führte im Berichtsjahr im Rahmen seiner Aufsicht 81 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 Grenzwerte.

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

4.2 Vorkommnisse

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

■ Am 16. März 2022 wurde die monatliche Wiederholungsprüfung einer Redundanz der Notstromdieselanlage SUSAN gemäss Wiederholungsprüfprogramm durchgeführt. Während der Funktionsprüfung wurde beobachtet, dass einer der vier Stehbolzen des Motorkühlwasser-Wärmetauschers abgebrochen war. Da gemäss Beurteilung die sichere Befestigung des Motorkühlwasser-Wärmetauschers nicht gefährdet war, wurde die Wiederholungsprüfung fortgeführt und erfolgreich abgeschlossen. Im Anschluss erfolgte am 17. März 2022 die Instandsetzung. Die zwei Bruchstücke des defekten sowie zwei ausgebaute, intakte Stehbolzen wurden für eine detaillierte metallurgische Schadensanalyse an ein akkreditiertes Prüflabor gesendet. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Risseinleitung und das nachfolgende Versagen des Stehbolzens auf ein mangelhaftes und nicht normgerechtes Schneiden des Gewindes zurückzuführen ist. Als Schadensmechanismus wird ein betriebsbedingter Schwingbruch genannt. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Bruch des Stehbolzens des Motorkühlwasser-Wärmetauschers einer Redundanz der Notstromdieselanlage SUSAN der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 bis 3 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

■ Am 26. Juli 2022 wurde beim Entleerungsstutzen eines Chemieabwasserbehälters ein geringer Wasseraustritt von rund fünf Litern

pro Stunde in Form eines feinen Wasserstrahls festgestellt. Für weitere Abklärungen wurde der Behälter entleert und der Bereich des Wasseraustritts gereinigt. Dabei zeigte sich, dass in diesem Bereich das Grundmaterial auf einer Fläche von zirka 2 cm² stark korrodiert war. Das KKM trennte den Stutzen beim Behälteraustritt ab und ersetzte ihn durch einen neuen. Als Hauptursache für den Befund am Entleerungsstutzen wurde Kontaktkorrosion in Zusammenhang mit der Handhabung von Chemieabwässern identifiziert. Massgeblich war die Verwendung einer für diese Anwendung nicht geeigneten Flachdichtung zwischen dem Stutzenflansch (Ferrit) und der anschliessenden Rohrleitung (Austenit). Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Wasseraustritt am Stutzen des Chemieabwasserbehälters 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 «Einschluss radioaktiver Stoffe».

■ Am 8. September 2022 wurde an einer Feuerlöschwasserleitung im Maschinenhaus ein geringer Wasseraustritt an der Rohrleitung festgestellt. Eine weitere Kleinstleckage wurde am 20. Oktober 2022 im Trinkwassersystem festgestellt. Das KKM geht davon aus, dass diese Schäden an den Rohrleitungen der Sicherheitsklasse 4 auf die selbe Ursache zurückzuführen sind, nämlich Muldenkorrosion. Die Instandsetzung erfolgte für alle Leckagen mit einer «Straub»-Rohrschelle. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Kleinstleckagen aus den Feuerlöschwasser- und Trinkwasserleitungen der Sicherheitsklasse 4 der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit sicherheitsebenen- und schutzzielübergreifender Bedeutung.

■ Am 28. Oktober 2022 wurde an der Feuerlöschwasserleitung für das SUSAN-Gebäude eine Leckage bestätigt. Nach der Bestimmung der genauen Leckagestelle im erdverlegten Bereich der Leitung ausserhalb des

SUSAN-Gebäudes wurde die Leitung freigelegt und die schadhafte Polyethylen-Leitung ersetzt. Als Schadensursache wurde eine axiale Verschiebung der Anschlussleitung identifiziert. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage an einer Feuerlöschwasserleitung für das SUSAN-Gebäude der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit sicherheitsebenen- und schutzzielübergreifender Bedeutung.

Die Anzahl Vorkommnisse in den vergangenen zehn Jahren ist im Anhang in Figur 2 dargestellt. Eine Übersicht über die meldepflichtigen Vorkommnisse im Berichtsjahr findet sich in Tabelle 4.

4.3 Anlageänderungen

Die Anlage befand sich im gesamten Berichtsjahr in der Stilllegungsphase 1. Das KKM hat in diesem Zeitraum mehrere Anlageänderungen und Demontagen in unterschiedlichen Bereichen der Anlage realisiert:

■ Das KKM nahm die neue Nassdekontaminationsanlage im Maschinenhaus in Betrieb.

■ Für die Durchführung der Brennelement-Abtransportkampagnen wurde eine Wendevorrichtung angefertigt. Mit diesem Wendebock kann der Transportbehälter TN9/4 auf der +29-m-Ebene des Reaktorgebäudes aufgerichtet oder abgelegt werden.

■ Fachfirmen entleerten obsolete Klima- und Kälteanlagen innerhalb und ausserhalb der kontrollierten Zone und nahmen sie ausser Betrieb.

■ Das KKM nahm Änderungen an Brandschutzeinrichtungen vor. Hervorzuheben ist hier der Einbau einer neuen Brandschutztüre sowie Anpassungen an Brandabschnitten und Brandmeldeanlagen im Betriebsgebäude und Maschinenhaus. Darüber hinaus wurde der Brandwiderstand im Maschinenhaus durch den Einbau eines brandfallgesteuerten Teleskopschiebetors im Anbau Ost erhöht.

■ Die beiden bestehenden Versorgungsstationen Energiezentrale Ost und West wurden für die zukünftigen Anforderungen, die



Nassdekontamination von Anlageteilen.
Foto: Peter Klaunzer,
Keystone

sich aus der Stilllegung ergeben, ertüchtigt. Das KKM erstellte eine neue Unterverteilung West. Zudem wurden die neuen Baustellerverteiler im Reaktorgebäude an die neuen Infrastrukturversorgungseinrichtungen angeschlossen.

■ Nach der Installation eines weiteren Baustellenaufzugs im Reaktorgebäude verbinden nun zwei Aufzüge alle Ebenen des Reaktorgebäudes. Damit sind alle vier geplanten Baustellenaufzüge in Betrieb.

Es wurden zahlreiche Systeme ausser Betrieb genommen. Dazu gehören das Reaktorschutz- und Isolationssystem sowie das Reaktorwasser-Reinigungssystem inklusive Filterung.

Die Demontagen im Reaktorgebäude fanden vor allem auf den Ebenen -11 m und -4 m des Reaktorgebäudes statt. Unter anderem demontierte das KKM den inneren Torus.

Im Maschinenhaus fanden in den Kondensationen A und B sowie auf der Ebene +8 m im Bereich des Speisewassersystems zunächst Asbestsanierungen statt, bevor in diesen Bereichen die Demontage von Systemen und Komponenten fortgeführt wurde.

Das ENSI begleitete alle Anlageänderungen, Ausserbetriebnahmen und Demontagen mit teilweise umfangreichen Freigabeverfahren und Inspektionen, unter anderem bei der Inbetriebsetzung von Einrichtungen oder mit der Vorabkontrolle von Ausserbetriebnahme- und Demontagemeldungen.

4.4 Brennelemente

Nach der Einstellung des Leistungsbetriebs am 20. Dezember 2019 wurden die Brennelemente aus dem Reaktorkern entladen. Nach Abschluss der Brennelement-Abtransportkampagnen im Berichtsjahr befinden sich noch 215 Brennelemente im Brennelementlagerbecken mit einer Gesamtaktivität von $1.19 \text{ E}+18 \text{ Bq}$. Die durch den Zerfall von Radionukliden erzeugte Wärmeleistung der Brennelemente im Lagerbecken nimmt sowohl wegen des Abklingens der Brennelemente als auch wegen der Abtransporte laufend ab. 108 Steuerstäbe befinden sich noch im Brennelementlagerbecken.

Im Berichtsjahr wurde eine Brennelementinspektion durchgeführt.

4.5 Strahlenschutz

Im Berichtsjahr lag das Augenmerk der Aufsicht über den Strahlenschutz auf den Prozessen, der entsprechenden operationellen Umsetzung bei den diversen Rückbautätigkeiten, dem generellen radiologischen Anlagezustand, den Strahlenschutzmassnahmen beim Abtransport der Brennelemente und dem Betrieb der Materialbehandlungseinrichtungen. Im Fokus standen insbesondere die Herausforderungen des optimierten Strahlenschutzes einer Grossbaustelle, bei der es neben den radiologischen Gegebenheiten auch die Risiken durch Bau-schadstoffbelastungen zu beachten galt. An acht Inspektionen zum Strahlenschutz



Demontage des Torus.
Foto: Peter Klaunzer, Keystone

überprüfte das ENSI die Schutzmassnahmen. Gesamthaft betrug die Kollektivdosis 290 Pers.-mSv, die maximale Individualdosis lag bei 5,7 mSv. Erstere fiel im Vergleich zur geplanten Kollektivdosis von 350 Pers.-mSv erneut geringer aus. Grund dafür waren insbesondere Befunde von Bauschadstoffbelastungen und dadurch notwendige Sanierungen, sodass sich andere geplante Rückbauarbeiten verzögerten.

Ferner begann im Berichtsjahr die Prüfung der Konzeptunterlagen des KKM für den Antrag auf Freigabe der Stilllegungsphase 2. Darüber hinaus überprüfte das ENSI die Aspekte des Strahlenschutzes bei Komponenten von Fort- und Abluftsträngen des Lüftungssystems.

Das ENSI konnte an seinen Inspektionen sowie Fachgesprächen feststellen, dass im KKM ein gesetzeskonformer und effizienter Strahlenschutz betrieben wird.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen und Edelgasen 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 betragen einige wenige Prozente der Jahresabgabelimite. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Aerosolfiltern durch. Sie stimmten gut mit den vom KKM gemeldeten Analyseergebnissen überein. Aus den tatsächlich über die Abluft

und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKM unter ungünstigen Annahmen. Die potenziellen Jahresdosen betragen rund 0,002 mSv für Erwachsene, Zehnjährige und Kleinkinder und lagen somit deutlich unter dem quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr gemäss der Richtlinie ENSI-G15. Die Dosisleistungsmesssonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes in der Umgebung des Werkes (MADUK) zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte.

Die mit der Stilllegung verbundenen Logistik-Vorgänge auf dem Areal führten zu einer zulässigen, örtlichen und temporären Erhöhung der Ortsdosisleistung am Zaun. Die quartalsweise ausgewerteten Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), welche an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals angebracht sind, zeigten einen Höchstwert von 0,011 mSv pro Woche. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen am Zaun des Kraftwerkareals durch. Die Messungen zeigten vereinzelte, temporäre Erhöhungen der Ortsdosisleistung, die auf die Rückbauarbeiten zurückzuführen sind. Die Messungen des Betreibers und des ENSI gaben keinen Hinweis auf eine Verletzung der nach Artikel 79 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals 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 2022 des ENSI verwiesen.

4.6 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKM aus dem Nachbetrieb, den Rückbauaktivitäten und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien an. Im Berichtsjahr waren es 88 m³ (siehe Tabelle 6).

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Das KKM bewahrt unkonditionierte Abfälle in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone auf. Brennbar und weitere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in den Anlagen der Zwiilag bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren für die Rückbaubetriebs- und Stilllegungsabfälle kommt im KKM hauptsächlich die Zementierung zum Einsatz. Ferner werden Stilllegungsabfälle in Betoncontainern in die Anlagen der Zwiilag transferiert zur späteren Zementierung in der Konditionierungsanlage. Die erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen liegen sowohl für Betriebs- als auch für Stilllegungsabfälle vor. Im Berichtsjahr wurden fünf Abfallgebinde mit Harzen konditioniert.

Die im KKM konditionierten Abfallgebinde werden zunächst in das werkseigene Zwischenlager eingelagert. Das KKM plant, sein Zwischenlager mittelfristig zu leeren, und nutzt dafür die Kapazitäten des Zentralen Zwischenlagers der Zwiilag in Würenlingen. Im Berichtsjahr wurden 930 konditionierte Abfallgebinde dorthin transferiert. 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.

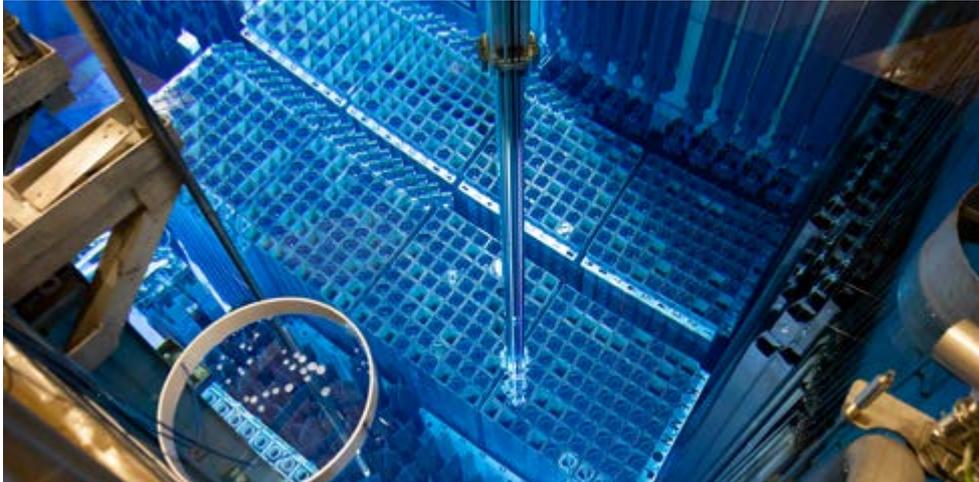
Wichtig bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Befreiung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKM wurden im Berichtsjahr insgesamt 340 t Material befreit.

Im Berichtsjahr fanden vier Transportkampagnen statt, in deren Verlauf Brennelemente zunächst in das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen transportiert und dort für die Zwischenlagerung in vier Transport- und Lagerbehälter umgeladen wurden. Insgesamt wurden während diesen vier Kampagnen 203 Brennelemente abtransportiert.

4.7 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI beobachtete und beurteilte die Notfallorganisation des KKM im November 2022 im Rahmen der Werksnotfallübung URANUS. Es wurde ein Kurzschluss in der Spannungsversorgung unterstellt. Bei Kranarbeiten im Maschinenhaus trat gemäss dem Szenario ein Defekt in der Steuerung des Krans auf. Dieser Defekt bewirkte, dass die Kranlast mit der Nassdekontaminationsanlage im Maschinenhaus kollidierte. Bei der Kollision wurden mehrere Personen im Bereich der Nassdekontaminationsanlage zum Teil schwer verletzt. Die Nassdekontaminationsanlage wurde stark beschädigt. Das führte dazu, dass Aktivität in das Maschinenhaus freigesetzt und ein bereits verletzter Mitarbeiter kontaminiert wurde. Im weiteren Verlauf fiel auch die zweite Spannungsversorgung aus. Dadurch verlor die Anlage die Anbindung an die externe Stromversorgung. Zu diesem Zeitpunkt wurde im Reaktorgebäude gerade ein Brennelement-Transportbehälter transferiert, welcher daraufhin hängen blieb. Bei der eingeleiteten Räumung des Maschinenhauses wurde im Rahmen der Evakuierungskontrolle festge-



**Brennelement-
Abklingbecken.**
Foto: Peter Klaunzer,
Keystone

stellt, dass ein Mitarbeiter fehlte. Dieser war bei der Räumung gestolpert und bewusstlos liegen geblieben.

Das KKM stufte die Ereignisse korrekt ein und meldete sie dem ENSI zeitgerecht. Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kam das ENSI zum Schluss, dass die vorgegebenen Ziele für Werksnotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Das KKM verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation. Eine Inspektion im Oktober 2022 zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren und die entsprechenden Anforderungen an die externen Notfallkommunikationsmittel gemäss der Richtlinie ENSI-B12 erfüllt sind.

Ferner löste das ENSI im Oktober 2022 ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKM aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Notfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigt werden konnte.

4.8 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr verringerte sich der Personalbestand des KKM auf 270 Personen, die 264 Vollzeitstellen besetzen (Ende 2021: 279 Personen). Dieser Rückgang ist angesichts der laufenden Stilllegung und des fortschreitenden Rückbaus des KKM nachvollziehbar und stellt die nukleare Sicherheit nicht in Frage. Im Jahr 2022 nahm das

KKM weitere organisatorische Anpassungen im Rahmen des Rückbaufortschritts vor. Die Abteilung Dienste wurde aufgelöst und das Ressort Betriebswache sowie die Hausdienste in die Abteilung Anlage integriert. Die organisatorischen Änderungen hatten keinen direkten Personalabbau zur Folge. Die erforderlichen personellen Ressourcen stehen weiterhin zur Verfügung.

Das Managementsystem ist nach den Normen ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 und ISO 45001:2018 zertifiziert. Die Rezertifizierung für den Stilllegungsbetrieb und Rückbau fand im Berichtsjahr statt.

Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Inspektion zum Thema Konfigurationsmanagement durch. Dabei wurde überprüft, wie das KKM bei den fortlaufenden stilllegungsbedingten Anlageänderungen sicherstellt, dass die Planung, Realisation und Dokumentation jederzeit aufeinander abgestimmt sind und der tatsächlichen Ausführung vor Ort entsprechen. Das ENSI bezog sich dabei insbesondere auf die Erfüllung der relevanten Vorgaben aus Artikel 40 der Kernenergieverordnung sowie der Richtlinie ENSI-G07. Das Änderungswesen im KKM enthält die erforderlichen Prozessschritte, welche bei technischen Änderungen gewährleisten, dass die Dokumentation und die tatsächliche Ausführung vor Ort aufeinander abgestimmt sind. Ferner ist sich das KKM der Herausforderungen auf den Lieferantenmärkten bewusst. Das KKM ergriff entsprechende Mass-

nahmen, unter anderem die bewusstere Kommunikation der spezifizierten Anforderungen über die gesamte Lieferkette, sodass die Lieferanten und Untertierlieferanten diese auch vollumfänglich verstehen. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2021 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2022 in der Abteilung Anlage für das Ressort Betrieb durch. Gegenstand der Inspektion waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung sowie Änderungen und Neuerungen. Ferner wurde das Ausbildungsprogramm des Personals der Abteilung Überwachung auf die Einhaltung der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Die Ausbildungsprogramme des KKM in den inspizierten Bereichen erfüllten die Anforderungen.

5



5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen

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

5.1 Zwischenlagergebäude

Die Zwischenlagergebäude der Zwi-lag 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.

Im Berichtsjahr wurden sieben beladene Transport- und Lagerbehälter (T/L-Behälter) mit abgebrannten Brennelementen im HAA-Lager eingelagert, davon vier Behälter mit Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Mühleberg, die erst in der Heissen Zelle des ZZL beladen wurden. Die Anlieferung dieser Brennelemente erfolgte mit kleineren Transportbehältern. Ende 2022 betrug der Lagerbestand 77 T/L-Behälter, davon 23 T/L-Behälter mit insgesamt 632 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen, 53 T/L-Behälter mit insgesamt 3691 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 2022 rund 38%. 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 Versuchatomkraftwerk Lucens.

Im Berichtsjahr fanden 75 Anlieferungen von konditionierten Gebinden zur Einlagerung in den Gebäuden M und S statt. Ende 2022 betrug die Ausnutzung des Lagergebäudes M 48,3%. Viele der im Lagergebäude M eingelagerten Gebinde erfüllen auch die Annahmebedingungen des Lagergebäudes S und könnten somit umgelagert werden. Ende 2022 war das Lagergebäude S zu 6,2% belegt.

5.2 Konditionierungsanlage

Die Konditionierungsanlage dient der Behandlung schwachaktiver Abfälle aus 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 entspricht. Im ZZL wurden im Berichtsjahr insgesamt 158,9t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 befreit.

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



Plasma-Anlage.
Foto: Zwiilag

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 endlagerefähige Abfallform dar. Zur Verarbeitung gelangen Abfälle aus Betrieb und Rückbau der schweizerischen Kernanlagen sowie aus Medizin, Industrie und Forschung.

Im Berichtsjahr wurden zwei Kampagnen in der Plasma-Anlage durchgeführt. Die Arbeiten verliefen planmässig, was sich in der spezifikationsgerechten Verarbeitung von 1188 Abfallfässern (inklusive zwei Fässer mit Flüssigabfall) zu 277 konditionierten Gebinden ausdrückte.

5.4 Strahlenschutz

Im Berichtsjahr optimierte das ZZL kontinuierlich den Strahlenschutz und setzte entsprechende Massnahmen erfolgreich um. Aufgrund des Wegfallens von Arbeiten oder der Reduktion von Arbeitsumfängen sowie

von Dosisoptimierungen fiel die Kollektivdosis, wie schon im Vorjahr, geringer aus als ursprünglich geplant. Sie betrug im Berichtsjahr 22,4 Pers.-mSv. Die maximale Individualdosis lag bei 2,3 mSv. Das ENSI erachtet den praktizierten Strahlenschutz im ZZL als erfolgreich und optimiert.

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. Die aufgrund der Abgaben unter ungünstigen Annahmen berechnete Jahresdosis für fiktive Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des ZZL lag mit weniger als 0,001 mSv für Erwachsene, Zehnjährige und Kleinkinder deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,05 mSv. 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 an der Umzäunung des ZZL durch, die ebenfalls keine signifikanten Veränderungen zeigten. Die Messungen des Betreibers



**Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle.
Foto: Zwiilag**

und des ENSI gaben keinen Hinweis auf eine Verletzung 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 bestätigen, dass das ZZL einen konsequenten und gesetzeskonformen Strahlenschutz praktizierte. Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des gemeinsamen Standortes des PSI und ZZL wird auf den Strahlenschutzbericht 2022 des ENSI verwiesen.

5.5 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI beobachtete und überprüfte die Notfallorganisation der Zwiilag im Juni 2022 an der Stabsnotfallübung ECHO, die als gemeinsame Übung zusammen mit dem PSI durchgeführt wurde.

Das Szenario unterstellte den Normalbetrieb der Zwiilag. Ausgehend von einem Unfall auf dem Betriebsareal des PSI zwischen einem mit Gasflaschen beladenen Flurförderzeug des PSI und einem Sattelzug der Zwiilag, der mit Rohabfallfässern beladen und für den Transport zum ZZL vorgesehen war, kam es zu einem Brand der Fahrzeuge und zur Beschädigung des Transportguts. Eine Freisetzung von radioaktiven Stoffen mit potenziellen Auswirkungen auf das Betriebsareal des ZZL konnte nicht ausgeschlossen werden. Daher informierte das PSI umgehend die Zwiilag, welche die Alarmierung des Notfallstabs auslöste. Im weiteren Verlauf der Übung wurden die Räumung des ZZL-Betriebsareals veranlasst und weitere Massnahmen wie zum Beispiel die Ausserbetriebnahme von Gebäudelüftungen zur Verhinderung des Eintrags von radioaktiv kontaminierten Rauchpartikeln angeordnet. Während der Räumung des Betriebsareals kam es zu einem schweren Personenunfall, der den Notfallstab zusätzlich forderte. Zudem erwies sich die Koordination mit der Notfallorganisation des PSI, welche über Verbindungspersonen sicher gestellt wurde, als Herausforderung.

Die Zwiilag stufte das Ereignis korrekt ein und meldete es dem ENSI zeitgerecht. Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kam das ENSI zum Schluss, dass die vorgegebenen Ziele für Stabsnotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Die

Zwilag verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation. Eine Inspektion im November 2022 zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren und die entsprechenden Anforderungen an die externen Notfallkommunikationsmittel gemäss der Richtlinie ENSI-B12 erfüllt sind.

Ferner löste das ENSI im Oktober 2022 ohne Voranmeldung einen Übungsalarm in der Zwilag aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werksnotfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

5.6 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr nahm die Zwilag keine grösseren organisatorischen Änderungen vor. Die Anzahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ist gegenüber dem Vorjahr bei 92 Personen konstant geblieben. Sie besetzen 86 Vollzeitstellen.

Das Managementsystem der Zwilag besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm SN EN ISO 9001:2015. Die Rezertifizierung fand im Jahr 2021 statt.

Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Inspektion zum Thema Konfigurationsmanagement durch. Dabei wurde überprüft, wie die Zwilag bei technischen Anlageänderungen sicherstellt, dass die Planung, Realisation und Dokumentation jederzeit aufeinander abgestimmt sind und der tatsächlichen Ausführung vor Ort entsprechen. Das ENSI bezog sich dabei insbesondere auf die Erfüllung der relevanten Vorgaben aus Artikel 40 der Kernenergieverordnung sowie der Richtlinie ENSI-G07. Das Änderungswesen im ZZL enthält die erforderlichen Prozessschritte, welche bei technischen Änderungen gewährleisten, dass die Dokumentation und die tatsächliche Ausführung vor Ort aufeinander abgestimmt sind. Die Zwilag ergriff entsprechende Massnahmen, unter anderem die bewusstere Kommunikation der spezifizierten Anforderungen über die gesamte Lieferkette, sodass die Lieferanten und Unterlieferanten diese auch vollum-



Lagerhalle für hochaktive Abfälle.
Foto: Zwilag

fänglich verstehen. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

Das ENSI führte im Berichtsjahr eine erste Sitzung zur Orientierung im personellen und organisatorischen Bereich durch, welche in den Kernkraftwerken bereits seit einigen Jahren jährlich durchgeführt wird. Sowohl die Zwilag als auch das ENSI nahmen die Sitzung als konstruktiven und gewinnbringenden Austausch wahr. Dieser soll dazu dienen, frühzeitig meldepflichtige Themen im personellen und organisatorischen Bereich zu identifizieren und zu diskutieren. Im Zusammenhang mit der Ernennung eines temporären IT-Sicherheitsbeauftragten machte das ENSI die Zwilag darauf aufmerksam, dass der IT-Sicherheitsbeauftragte gemäss der Richtlinie ENSI-G22 organisatorisch so in die Anlagenorganisation einzubinden ist, dass er seine Aufgaben und Beurteilungen im Bereich der IT-Sicherheit unabhängig und frei von Interessenkonflikten wahrnehmen kann. Dieser Punkt ist bei der Ernennung des definitiven IT-Sicherheitsbeauftragten zwingend zu berücksichtigen.

5.7 Vorkommnis

Im Berichtsjahr meldete die Zwilag ein Vorkommnis gemäss der Richtlinie ENSI-B03. Bei einer Überprüfung wurde festgestellt, dass bei zwölf Abfallgebinden Garantiewerte verletzt wurden. Die Integrität der betroffenen Abfallgebinde ist unverändert

gegeben. Die Zwiilag und das ENSI legten Folgemassnahmen fest, die im Jahr 2023 umgesetzt werden. Das Vorkommnis hat eine geringe sicherheitstechnische Bedeutung und wurde der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet.

5.8 Gesamtbeurteilung

Das ENSI kam zum Schluss, dass die Zwiilag die verschiedenen Anlagen des ZZL im Berichtsjahr sicher betrieb und dabei jederzeit die bewilligten Betriebsbedingungen einhielt. Die nukleare Sicherheit und Sicherung und somit der Schutz von Mensch und Umwelt vor Gefährdungen durch ionisierende Strahlen waren im Berichtsjahr gewährleistet. Unter Anwendung der im Managementsystem festgelegten Prozesse erzielte das Personal gute Ergebnisse in Bezug auf die gestellten Entsorgungsaufgaben. Alle Anlagenteile befanden sich in einem guten Zustand.

6



6. Paul Scherrer Institut

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 das Bundeszwischenlager (BZL), das der Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung der gesamten Schweiz dient.

Das Hotlabor, die Anlagen für die Behandlung, Konditionierung und Lagerung radioaktiver Abfälle sowie die sich in der Stilllegung befindenden Forschungsreaktoren SAPHIR, DIORIT und PROTEUS sind Kernanlagen und werden durch das ENSI beaufsichtigt.

Im Berichtsjahr waren zwei gemäss der Richtlinie ENSI-B03 meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Durch den Betrieb der Kernanlagen des PSI gab es keine 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 und der Organisation sind die im Berichtsjahr initiierten Anstrengungen fortzusetzen. Um den Rückbau nicht weiter zu verzögern, muss das PSI die Weiterverwendung oder Entsorgung der Kernmaterialien aus dem PROTEUS entschlossener angehen.

6.1 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 Reaktoren 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 hatte 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 (KEV). Nach Verfügung des ENSI im Jahr 2019 überarbeitete das PSI noch einmal seine Gesuchsunterlagen. Im Berichtsjahr stellte die Nagra eine entsprechende Endlagerfähigkeitsbescheinigung aus, worauf das PSI dem ENSI im Hinblick auf ein gefordertes Fachgespräch einen Entwurf der Gesuchsunterlagen für die Typengenehmigung zustellte.

Bei der Brennstoffanalytik fallen im Hotlabor auch feste bestrahlte Kernbrennstoff- und Strukturmaterialabfälle an. Diese Abfälle werden hochdruckverpresst und in Stahlzylinder verpackt. 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 KEV. Nach Verfügung des ENSI im Jahr 2019 überarbeitete das PSI noch einmal seine Gesuchsunterlagen, zu denen die Nagra im Berichtsjahr eine Endlagerfähigkeitsbescheinigung ausstellte. Ende August 2022 reichte das PSI beim ENSI die Unterlagen für den Typengenehmigungsantrag ein. Das ENSI erwartet, dass das PSI nach Erteilung der Typengenehmigungen die Konditionierung der radioaktiven Abfälle aus der Brennstoffanalytik unverzüglich fortführt.

Seit Mitte 2016 erfolgt die Behandlung der radioaktiven Abwässer des PSI-Ost mit der



**Probemesstation
bei der Synchrotron-
Lichtquelle.
Foto: PSI**

neuen Aktiv-Abwasseranlage im Hotlabor. Im Berichtsjahr wurden 672 m³ Abwässer (Vorjahr: 854 m³) behandelt und kontrolliert über die Abwasserüberwachungsanlage des PSI-Ost an die Aare abgegeben. Rund 27% dieser Abwässer stammten aus dem Hotlabor, der Rest aus anderen Bereichen des PSI, insbesondere aus der Radiopharmazie und der Wäscherei.

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 wurden namentlich die Erneuerung des Haupteingangs und des Gebäudeleitsystems fortgeführt sowie das Teilprojekt zur Sanierung der Zuluftanlagen begonnen. Neben den üblichen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten nahm das PSI im Berichtsjahr weitere Ertüchtigungen im Hotlabor vor beziehungsweise führte entsprechende bereits in den Vorjahren initialisierte Vorhaben fort. Zudem reichte es mehrere Freigabeanträge für Experimentier- und Forschungsausrüstungen ein. Im Jahr 2022 wurden aus dem Hotlabor rund 10,3t Materialien gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 befreit.

Im Berichtsjahr ereignete sich im Hotlabor ein meldepflichtiges Vorkommnis (siehe Kapitel 6.7).

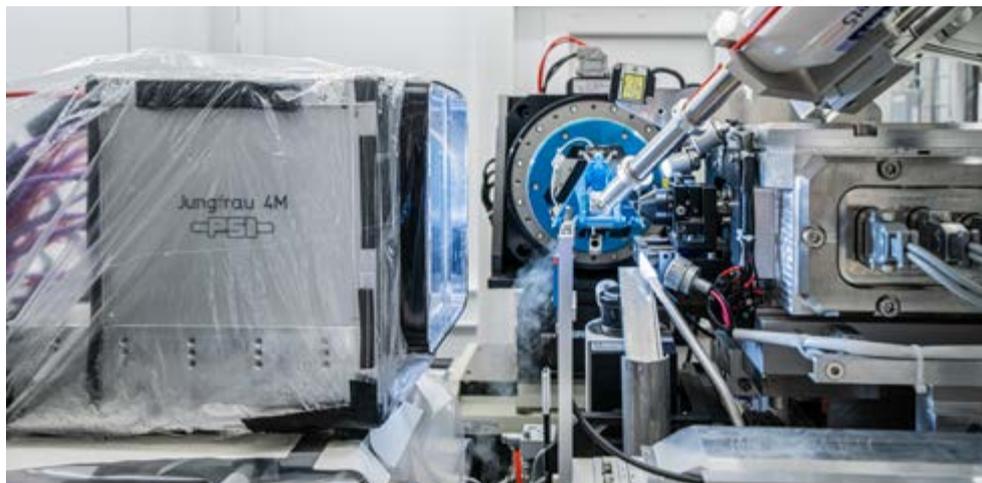
6.2 Kernanlagen in der Stilllegung oder im Rückbau

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.

6.2.1 SAPHIR

Der Rückbau des 1994 ausser Betrieb genommenen Forschungsreaktors SAPHIR ist weit fortgeschritten. Das PSI muss für die Anlage noch den Nachweis der Kontaminationsfreiheit erbringen. Dazu charakterisiert das PSI die einzelnen Räume mittels gammaspektrometrischer In-situ-Messungen. Räume, in denen die Kontaminationsfreiheit nachgewiesen werden konnte, werden gemäss einem vom ENSI geprüften Rückzugskonzept versiegelt. Im Hinblick auf die Befreiung der stehenden Betonstrukturen wurden weitere als störend identifizierte Elemente demontiert und befreit. Dabei handelte es sich unter anderem um Heizungsrohre, Lüftungskanäle und Fliesen. Im Berichtsjahr wurden insgesamt 1341 kg Material befreit.

Das PSI führte den Unterhalt an Gebäude und Anlagen sowie Funktionsprüfungen an



**Experimentierplatz
bei der Synchrotron-
Lichtquelle.
Foto: PSI**

den Infrastrukturanlagen und Kalibrierungen an den Messgeräten gemäss den Vorgaben durch.

6.2.2 DIORIT

Im Berichtsjahr wurden in der 1977 ausser Betrieb genommenen Kernanlage DIORIT keine Rückbauarbeiten durchgeführt. Die Arbeiten gemäss der Abbruchbewilligung von 1994 sollen mit der Rückbauphase 4 wieder aufgenommen werden. Den Freigabeantrag für die Phase 4 hat das PSI beim ENSI im Berichtsjahr zur Prüfung eingereicht.

Aus früheren Rückbausritten wurde diverses Material befreit, darunter asbesthaltige Eternitplatten. Ebenso wurden nicht mehr benötigte Einrichtungen und Gegenstände aus der Anlage entfernt und – falls nötig – dekontaminiert und befreit. Insgesamt hat das PSI im Berichtsjahr 4559 kg Material aus dem DIORIT befreit.

In einem hierfür bestimmten Raum fanden weitere Dekontaminationsarbeiten an Abfällen aus dem PSI-Ost statt. Zudem lagern im DIORIT noch diverse radioaktive Rohabfälle, darunter etwa 1,5t Aluminium-Stilllegungsabfälle aus dem Rückbau der Forschungsreaktoren DIORIT und SAPHIR. Das PSI muss die Entsorgung dieser Abfälle nun prioritär angehen.

Im Berichtsjahr wurden zwei KC-T12/30-Container mit Abfällen aus dem PSI-West im «Tiefen Gang» des DIORIT sowie sechs

KC-T12-Container mit Innenbehältern aus dem Rückbau der Versuchsverbrennungsanlage mit Zementmörtel verfüllt.

Da die Gebäulichkeiten des DIORIT nach den aktualisierten Plänen des PSI vollständig zurückgebaut werden sollen, muss das PSI ein dafür bestimmtes ergänzendes Stilllegungsprojekt vorlegen. Das PSI stellte die Ausarbeitung des Projekts im Verlauf des Berichtsjahres aufgrund der Priorisierung anderer Rückbauprojekte zurück.

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.

6.2.3 PROTEUS

Der ehemalige Forschungsreaktor PROTEUS wurde 2011 ausser Betrieb genommen. Nach dem Abschluss der Rückbauphase 1 im Jahr 2021 erhielt das PSI im Berichtsjahr die Freigabe des ENSI für die Durchführung der Rückbauphase 2. Sie besteht im Wesentlichen aus dem Rückbau der biologischen Abschirmung und des Brennstoffstablagers. Dazu hat das PSI vorbereitende Arbeiten ausgeführt und weiteres Material aus der Rückbauphase 1 aus der Anlage entfernt. So konnte das PSI im Berichtsjahr insgesamt 11847 kg Material, bestehend aus verschiedenen Kleinkomponenten und Rückbaumaterialien, befreien. Weitere 3796 kg Kleinteile aus Stahl, respektive Aluminium, führte das

PSI der Abklinglagerung zu. Der bereits seit längerem ausgebaute Reaktorgrafit wurde Ende des Berichtsjahres der Deponierung zugeführt.

Am PSI befinden sich noch rund 400 kg Treiberbrennstoff sowie weitere Kernmaterialien aus der Kernanlage PROTEUS. Im Berichtsjahr trieb das PSI die Planung zur Weiterverwendung dieser Materialien voran, ohne wesentliche Durchbrüche zu erzielen. Um den Rückbau nicht weiter zu verzögern, muss das PSI die Weiterverwendung oder Entsorgung der Kernmaterialien aus dem PROTEUS entschlossener angehen.

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

6.2.4 Versuchsverbrennungsanlage

Der Rückbau der 2002 ausser Betrieb genommenen Versuchsverbrennungsanlage (VVA) schreitet voran, wenn auch mit leichten Verzögerungen gegenüber der Planung. Im Berichtsjahr baute das PSI den letzten der drei Rauchgasfilter aus. Das Material konnte bis auf die drei Filterträgerplatten vollständig dekontaminiert und befreit werden. Im Anschluss begann der Ausbau und die Behandlung der Rauchgasleitungen, damit diese später in KC-T12-Behältern konditioniert werden können.

Beim Rückbau des Ofens sowie der zwei Grobfilter und des Feinfilters sind insgesamt 157 VVA-Innenbehälter angefallen, die alle den Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (AERA) zugeführt wurden. Die Abfallmenge entsprach den Prognosen. Im Berichtsjahr wurden 48 Innenbehälter in sechs KC-T12-Behältern konditioniert, womit insgesamt 96 VVA-Innenbehälter konditioniert sind. Per Ende des Berichtsjahres verbleiben 61 nicht endkonditionierte Innenbehälter.

Während des Rückbaus fallen laufend asbesthaltige, radioaktiv kontaminierte und brennbare Sekundärabfälle an. Es sind bisher mehrere Hundert Kilogramm, die in 139 Säcken auf dem Areal des PSI in einem abschliessbaren Brandschutzcontainer tem-

porär aufbewahrt werden. Ein Konzept zur Entsorgung dieser Abfälle befindet sich beim PSI in Arbeit und muss dem ENSI zur Beurteilung vorgelegt werden.

Im Berichtsjahr wurden 3040 kg Material befreit. Dabei handelte es sich um Stahlteile des Feinfilters sowie Kleinmaterial.

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

6.2.5 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 Projektes soll auch das Rückhaltebecken Wald entleert, gereinigt und endgültig ausser Betrieb genommen werden. Dieses diente der Aufnahme der radioaktiven Abwässer aus den Anlagen des PSI-Ost. Heute erfolgt die Aktiv-Abwasserbehandlung über die Anlage im Hotlabor (siehe Kapitel 6.1). Das Gesamtprojekt ist in einzelne Teilprojekte gegliedert, die jeweils eine separate Freigabe erfordern.

Nachdem im Vorjahr radioaktiv belasteter Schlamm aus einem Rückhaltebecken manuell in Fässer abgefüllt werden musste, weil er nur bedingt pumpfähig war, erteilte das ENSI Mitte 2022 die Freigabe für die Inbetriebnahme der zur Sanierung der Becken vorgesehenen Lamellenfiltrationsanlage mitsamt zugehöriger Infrastruktur. Bis Ende 2022 hat das PSI die mit letztgenannter Freigabe verknüpften Auflagen erfüllt, sodass die Arbeiten nun planmässig fortgeführt werden können. Im Berichtsjahr hat das PSI mit der Dekontamination und der Freimessung der Wände eines der Rückhaltebecken begonnen.

6.3 Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle

6.3.1 Behandlung radioaktiver Abfälle

Das PSI betreibt die Sammelstelle des Bundes für radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF-Abfälle). Ebenfalls im Eigentum des Bundes sind die im

PSI anfallenden radioaktiven Abfälle aus den Anwendungen radioaktiver Isotope in Forschungsprojekten, insbesondere von 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.

Zur Behandlung der radioaktiven MIF-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 Sicherheitsberichte, 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 Bundessammelstelle haben. Ende 2021 reichte das PSI dem ENSI überarbeitete Erdbebenstandfestigkeitsnachweise für das Abfalllabor und entsprechende Ertüchtigungskonzepte ein. Das ENSI hat die Unterlagen geprüft und im Berichtsjahr eine Verfügung zur Erdbebenüberprüfung und zu den Ertüchtigungsmassnahmen des Abfalllabors unter Berücksichtigung der aktuellen Erdbebengefährdungsannahmen angekündigt. Die Hintergründe und das weitere Vorgehen wurden dem PSI Ende 2022 im Rahmen eines Fachgesprächs erläutert.

Im Berichtsjahr wurden insgesamt 36,9 m³ Abfälle (Vorjahr: 38,4 m³) bei der Bundessammelstelle angeliefert, davon 32,51 m³ (Vorjahr: 32,03 m³) aus dem PSI und 4,43 m³ (Vorjahr: 6,41 m³) aus der jährlichen Sam-

melaktion des Bundesamts für Gesundheit (BAG). Ausserdem fielen 23 vorkonditionierte Innenbehälter mit VVA-Rückbauabfällen an. Aktuell befinden sich in den AERA insgesamt 61 derartige Innenbehälter, die bis spätestens Ende 2024 auf der Betonieranlage im DIORIT zu konditionieren sind. Im Berichtsjahr wurden 61 extern konditionierte Stahlzylinder mit Industrieabfällen angeliefert. Aus der Zwiilag wurden im Berichtsjahr keine Abfälle zurückgeliefert. Drei der insgesamt acht auf der Betonieranlage im DIORIT mit Zementmörtel verfüllten KC-T-Container (siehe Kapitel 6.2.2) wurden bis Ende 2022 ins BZL eingelagert.

Zur Behandlung in der Plasma-Anlage der Zwiilag wurden im Berichtsjahr 34 Fässer à 200 Litern (Vorjahr: 48 Stück) mit sortierten und verpressten Abfällen bereitgestellt und gegen Ende des Berichtsjahres an die Zwiilag abgeliefert. Dadurch konnte die Brandlast im Betriebsgebäude auf rund 500 MJ/m² stabilisiert werden (siehe Kapitel 6.3.2).

6.3.2 Lagerung radioaktiver Abfälle

Im 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 Optimierungsgebot gemäss Artikel 4 der Strahlenschutzverordnung entspricht und nicht im Widerspruch zu Artikel 54 Absatz 1 der KEV steht.

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. Anfangs des Berichtsjahres nahm das PSI zu den verbleibenden Auflagen Stellung und reichte erstmals die vom ENSI geforderten Dosisrechnungen (Ist-Zustand per Ende 2021 und Prognose 2022/23) ein. Das ENSI beurteilte die Dosisrechnungen positiv und bestätigte die Einhaltung des Schutzziels. Die Prognoserechnung diente als Grundlage für die im Berichtsjahr vom ENSI erteilten Einlagerungsfreigaben. Per Ende des Berichtsjahres betrug das BZL-Inventar an extern konditionierten Stahlzylindern unverändert 2284 Stück. Sie werden in neun KC-T12-Containern gelagert. Weitere 156 Zylinder mit tritiumhaltigen Abfällen aus industrieller Fertigung lagern seit 2016 zur Dichtheitsüberwachung lose in 200-Liter-Fässern, die zu diesem Zweck mit Ventilen versehen sind. Im Hinblick auf deren Einlagerung standen Ende des Berichtsjahres zusätzlich 66 Zylinder in der BZL-Umladehalle. Es handelt sich dabei um fünf sanierte beziehungsweise umkonditionierte Altzylinder sowie um die 61 im Berichtsjahr neu angelieferten Zylinder.

Im Berichtsjahr wurden keine neu konditionierten 200-Liter-Fässer in das BZL eingelagert. Im Jahr 2021 hatte das PSI zwei ältere endkonditionierte 200-Liter-Fässer für Untersuchungen im Rahmen eines Forschungsprojektes ausgelagert. Somit war der mit 200-Liter-Fässern belegte Raum per Ende 2022 mit 4903 Gebinden gefüllt. Dies entspricht einem Belegungsgrad von rund 77%. Im Berichtsjahr wurden drei KC-T12-Container in das BZL eingelagert. Drei weitere im Berichtsjahr endkonditionierte KC-T12-Container standen Ende 2022 noch in der BZL-Umladehalle und zwei weitere im DIORIT (siehe Kapitel 6.3.1). Damit belief sich das Inventar im BZL-Container-Teil per Ende 2022 auf insgesamt 108 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 2022 rund 77%.

Zur Entlastung des BZL erstellt das PSI ein neues Zwischenlager mit einer Kapazität von 480 KC-T12/30-Containern und einem GC-T15/20-Grosscontainer. 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. Die Bauabnahme steht noch aus.

In den Hallen des Betriebsgebäudes und in weiteren Hallen der AERA lagern entsprechend den betrieblichen Erfordernissen sowohl nicht konditionierte als auch konditionierte Abfälle sowie ausgediente Komponenten, namentlich die alten Hotlabor-Abwassertanks, und weiteres radioaktives Material zum Abklingen. Hinsichtlich der noch nicht konditionierten Abfälle erwartet das ENSI vom PSI eine zeitnahe Weiterverarbeitung.

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 ist das PSI diesen Forderungen nachgekommen und hat die radiologische Charakterisierung der vorhandenen Altlasten aufgenommen.

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.



**Experimentierstation
beim Freie-Elektronen-
Röntgenlaser
SwissFEL.
Foto: PSI**

6.4 Strahlenschutz

Der Strahlenschutz am PSI im Aufsichtsbereich des ENSI war geprägt von den laufenden Rückbau- und Entsorgungstätigkeiten. Die Arbeiten in den Forschungsreaktoren PROTEUS und SAPHIR sowie der VVA waren mit vergleichsweise geringen Dosen für das Personal verbunden. Die Kollektivdosis betrug 9,9 Pers.-mSv, die maximale Individualdosis lag bei 1,5 mSv. Im Hotlabor gab es einen radiologischen Zwischenfall. Bei Montagearbeiten in einer Handschuhbox kontaminierte sich ein Mitarbeiter an einer Hand. Die Kontamination konnte mit herkömmlichen Mitteln nicht entfernt werden. Die aus den Inkorporationsmessungen ermittelte E50-Dosis wurde auf 52 μ Sv berechnet (siehe Kapitel 6.7).

Gesamthaft lag die Strahlenexposition der eingesetzten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf einem tiefen Niveau. Dies zeugt von einem zweckmässigen operationellen Strahlenschutz.

Das ENSI führt quartalsweise Kontrollmessungen von Wasserproben und Aerosolfiltern durch. Sie stimmten mit den vom PSI gemeldeten Analyseergebnissen überein. Aus den bilanzierten Abgaben radioaktiver Stoffe über die Fortluftanlagen und über das Abwassersystem wurde unter konservativen Annahmen für den ungünstigsten Aufenthaltsort ausserhalb des überwachten PSI-Areals eine Jahresdosis für fiktive Einzelpersonen der Bevölkerung von weniger als

0,008 mSv pro Jahr berechnet. Ins Gewicht fallen hier die Abgaben von Anlagen im PSI-West, die keine Kernanlagen sind und zum Aufsichtsbereich des BAG gehören. Diese potenzielle Jahresdosis lag deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv pro Jahr gemäss PSI-Abgabereglement.

Für detailliertere Angaben zu den Personendosen sowie zu den Abgaben über die Abluft und das Abwasser wird auf den Strahlenschutzbericht 2022 des ENSI verwiesen.

6.5 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI beobachtet und beurteilt die Notfallorganisation des PSI an der jährlichen Institutsnotfallübung und wird dabei durch das BAG unterstützt. Die Institutsnotfallübung ECHO, welche ursprünglich für den November 2021 geplant war, fand im Juni 2022 zeitgleich mit der Stabsnotfallübung der Zwiilag statt. Als Szenario wurde unterstellt, dass es auf dem Betriebsareal des PSI zu einem Unfall zwischen einem mit Gasflaschen beladenen Flurförderzeug des PSI und einem Sattelzug der Zwiilag, der mit

Rohabfallfässern beladen und für den Transport zur ZwiIag vorgesehen war, gekommen ist. Durch den Unfall kam es zu einem Brand der Fahrzeuge und zur Beschädigung des Transportguts. Eine Freisetzung von radioaktiven Stoffen konnte nicht ausgeschlossen werden. Neben den durch den Unfall verursachten Personenschäden galt es zunächst festzustellen, welches Inventar zur Beförderung vorgesehen war. Darauf aufbauend musste der Umfang der radioaktiven Freisetzung und die Kontamination am Schadensplatz sowie der Einsatzkräfte ermittelt werden. Herausfordernd war zudem die Koordination mit dem Notfallstab der ZwiIag, welche über Verbindungspersonen sichergestellt wurde.

Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kam das ENSI zum Schluss, dass die vorgegebenen Ziele für Institutsnotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 mit geringfügigem Verbesserungsbedarf erreicht wurden. Das PSI verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Im November 2022 führte das PSI eine weitere Notfallübung mit Schwerpunkt Feuerwehreinsatz durch. Das ENSI beobachtete und beurteilte die Notfallorganisation des PSI erneut zusammen mit dem BAG und zusätzlich mit der Aargauischen Gebäudeversicherung, Abteilung Feuerwehr. Das Szenario für diese Übung wurde mit dem Absturz eines Kleinflugzeugs auf das PSI-Areal als Folge einer Flugzeugentführung eingeleitet und mit einem anlagenbezogenen Teil für die Experimentierhalle im Areal West fortgeführt. Das Flugzeug stürzte auf der nördlichen Seite ins Dach der Experimentierhalle und geriet dabei in Brand. Das Gebäude musste evakuiert werden. Im Rahmen der Evakuierung wurden mehrere Personen verletzt. Der Flugzeugabsturz und der dadurch ausgelöste Brand stellten die Herausforderungen für die Betriebsfeuerwehr des PSI dar. Für den Notfallstab des PSI galt es, die für solche Fälle definierten Massnahmen entsprechend zu koordinieren. Das PSI stufte das Ereignis auch bei dieser Übung korrekt ein und meldete es dem ENSI zeit-

gerecht. Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kam das ENSI zum Schluss, dass die vorgegebenen Ziele für Institutsnotfallübungen mit Schwerpunkt Feuerwehreinsatz gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden und stellte abermals fest, dass das PSI über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation verfügt. Eine Inspektion im Oktober 2022 zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren und die entsprechenden Anforderungen an die externen Notfallkommunikationsmittel gemäss der Richtlinie ENSI-B12 erfüllt sind.

6.6 Personal und Organisation

Die Abteilung «Strahlenschutz und Sicherheit» sowie die Abteilung «Hotlabor» und das Labor für nukleare Materialien haben eigene Managementsysteme, welche gemäss ISO/IEC 17020 akkreditiert beziehungsweise nach der Norm SN EN ISO 9001:2015 zertifiziert sind. Die Managementsysteme zur Behandlung radioaktiver Abfälle und der Abteilung «Strahlenschutz und Sicherheit» wurden im Berichtsjahr zusammengeführt und die betroffenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter entsprechend geschult.

Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Inspektion zum Thema Konfigurationsmanagement durch. Dabei wurde unter anderem überprüft, wie das PSI bei technischen Anlageänderungen sicherstellt, dass die Planung, Realisation und Dokumentation jederzeit aufeinander abgestimmt sind und der tatsächlichen Ausführung vor Ort entsprechen. Das ENSI bezog sich dabei insbesondere auf die Erfüllung der relevanten Vorgaben aus Artikel 40 der KEV sowie der Richtlinie ENSI-G07. Das Änderungswesen im PSI enthält die erforderlichen Prozessschritte, welche bei technischen Änderungen gewährleisten, dass die Dokumentation und die tatsächliche Ausführung vor Ort aufeinander abgestimmt sind. Das PSI ergriff entsprechende Massnahmen, unter anderem die bewusstere Kommunikation der spezifizierten Anforderungen über die gesamte Lieferkette, sodass die Lieferanten

und Unterlieferanten diese auch vollumfänglich verstehen. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

Das ENSI führte im Berichtsjahr eine erste Sitzung zur Orientierung im personellen und organisatorischen Bereich durch, welche in den Kernkraftwerken bereits seit einigen Jahren jährlich durchgeführt wird. Sowohl das PSI als auch das ENSI nahmen die Sitzung als konstruktiven und gewinnbringenden Austausch wahr. Dieser soll dazu dienen, frühzeitig meldepflichtige Themen im personellen und organisatorischen Bereich zu identifizieren und zu diskutieren.

Im Zusammenhang mit der Ernennung eines temporären Sicherungsbeauftragten im Jahr 2019 machte das ENSI darauf aufmerksam, dass Funktionsbesetzungen ad interim dafür vorgesehen sind, die Ausübung einer vakanten Funktion bis zu deren definitiven Besetzung befristet sicherzustellen. Nach fast vier Jahren kann inzwischen nicht mehr von einer befristeten Funktionsübernahme gesprochen werden. Das ENSI erwartet eine unverzügliche und dauerhafte Wiederbesetzung der Funktion.

6.7 Vorkommnisse

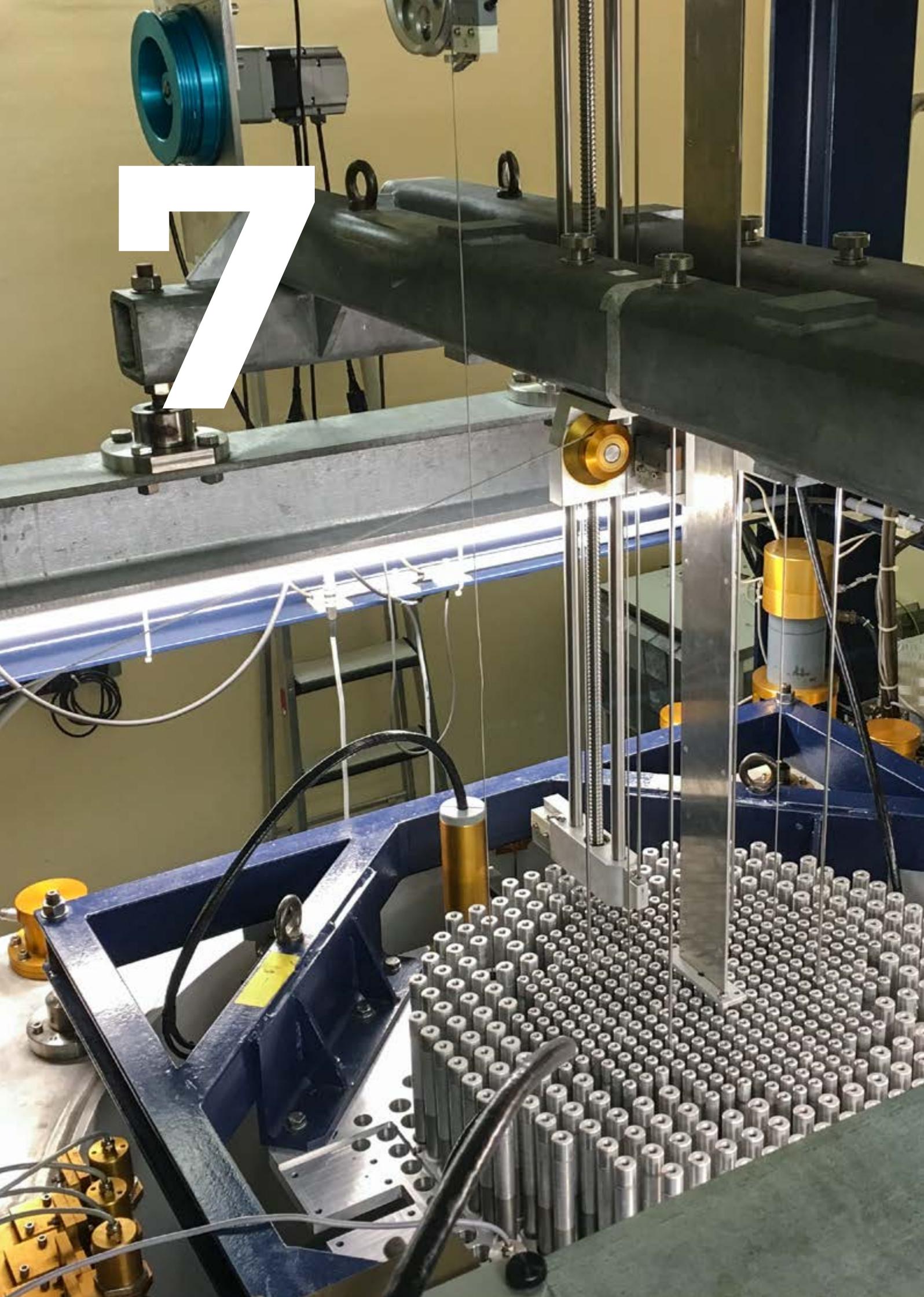
Im Berichtsjahr waren gemäss der Richtlinie ENSI-B03 zwei meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen:

■ Am 3. März 2022 kontaminierte sich ein Mitarbeiter des Hotlabors bei Montagearbeiten in einer Handschuhbox an der rechten Hand. Der Boxenhandschuh war durch eine scharfe Lochblechkante beschädigt worden. Am Zeigefinger des Mitarbeiters wurde eine kleine Schnittverletzung festgestellt. Die radiologischen Konsequenzen für den Mitarbeiter sind im Kapitel 6.4 beschrieben. Darüber hinaus ergaben sich keine weiteren radiologischen Auswirkungen für Mensch und Umwelt. Das ENSI ordnete das Vorkommnis auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zu.

■ Am 24. November 2022 fiel aufgrund eines Lagerschadens der Ventilator der Zuluftanlage in der sich im Rückbau befindlichen Anlage DIORIT aus. Die Zuluftanlage ging – wie für derartige Situationen vorgese-

hen – in den Bypassbetrieb über. Die Abluftanlage lief auf reduzierter Stufe weiter. Daraufhin fiel der Unterdruck (Normalbetrieb -15 Pa) unter den Schwellenwert von -5 Pa und stabilisierte sich dann bei -1,5 Pa. Die Arbeiten in den kontrollierten Zonen wurden eingestellt und der Zugang gesperrt. Das PSI behob den Schaden und überführte die Anlage innerhalb von fünf Tagen wieder in den Normalbetrieb. Das Ereignis hatte keine Freisetzungen und somit auch keine radiologischen Auswirkungen für Mensch und Umwelt zur Folge. Das ENSI ordnete das Vorkommnis auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zu. Weil für das ENSI der Vorkommnisablauf gemäss Vorkommnisbericht nicht nachvollziehbar war, hat es das PSI aufgefordert, seine Arbeitsmittel und Vorgaben (inklusive Arbeitsabläufe und -praktiken) anzupassen. So wird sichergestellt, dass die Anlageleiter beziehungsweise der Verantwortliche für den Pikettdienst bei störungsbedingten Instandhaltungsarbeiten und Alarmmeldungen in ihren Kernanlagen unverzüglich informiert werden.

7



7. Weitere Kernanlagen

7.1 École Polytechnique Fédérale de Lausanne EPFL

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 281 Stunden bei kleiner Leistung (unter 50 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 308 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 die Lagerung von radioaktiven Quellen und für Bestrahlungsexperimente verwendet.

Im Berichtsjahr wurde der Brennstoff aus dem Reaktorkern des CROCUS entladen und von der EPFL kontrolliert. Die Entladung war für die Wartung des Reaktors und für die Installation einer experimentellen Vorrichtung im Reaktorkern vorgesehen.

Die 13 beruflich strahlenexponierten Personen an der EPFL akkumulierten im Berichtsjahr eine Kollektivdosis von 0,0 Pers.-mSv. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend. Die EPFL meldete im Berichtsjahr keine meldepflichtigen Vorkommnisse gemäss der Richtlinie ENSI-B03.

Im November 2022 führte das ENSI seine Jahresinspektion durch, besprach technische, organisatorische und personelle Änderungen und inspizierte verschiedene Anlagenräume. Das ENSI kam zum Schluss, dass die EPFL die verschiedenen Kernanlagen im Berichtsjahr sicher betrieb und dabei jederzeit die bewilligten Betriebsbedingungen einhielt.

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 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 3. Dezember 1996 über die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn (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 Kapitel). Das ENSI ist die zuständige schweizerische Behörde für die Ausstellung von Genehmigungszeugnissen und Bauart-Zulassungsscheinen beziehungsweise entsprechenden Anerkennungen gemäss Gefahrgutgesetzgebung. Letztere gilt unabhängig davon, ob es sich beim Transportgut um radioaktive Stoffe aus Kernanlagen oder aus anderen Betrieben handelt.

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 und beförderungsspezifische Massnahmen alle gefahrgutrechtlichen Anforderungen erfüllen.

Im Berichtsjahr beurteilte das ENSI sieben Gesuche nach Gefahrgutgesetzgebung und stellte die entsprechenden Genehmigungen aus. Ein Gesuch betraf die Anerkennung eines Typ-IF-Versandstückmusters für die Verwendung in der Schweiz auf der Basis einer vorliegenden ausländischen Zulassung. Vier Gesuche bezogen sich auf Zulassungsrevisionen für ein Typ-B(M)-, ein Typ-IF- und zwei Typ-B(U)F-Versandstückmuster. Das ENSI erteilte in einem Fall eine neue Typ-B(U)-Zulassung für die Anwendung im Bereich des ADR. Ein Gesuch betraf die Beförderungsgenehmigung für ein Typ-B(M)-Versandstückmuster.



Zwilag-Kampagne.
Foto: Zwilag

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 der Rubrik Entsorgung erläutert. Unter dem Stichwort Transportbewilligungen finden in- und ausländische Gesuchsteller Information und Musterformulare in den Sprachen Englisch, Deutsch und Französisch.

Im Berichtsjahr wurde eine Transportbewilligung für eine Transportfirma aus Deutschland erteilt. Insgesamt verfügten 16 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 positive Beurteilung des ENSI vorliegt. Diese Bewilligungen sind maximal ein Jahr gültig und können einmalig um maximal sechs Monate verlängert werden.

Im Berichtsjahr beurteilte das ENSI 16 kernenergierechtliche Transportgesuche sowie ein Verlängerungsgesuch. Dabei handelte es sich vorwiegend um Gesuche für den Transport von radioaktiven Betriebsabfällen zur Zwilag, für die Einfuhr von frischen Brennelementen und für den Abtransport abgebrannter Brennelemente zur Zwilag.



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

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 Werkes.

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 und ENSI-B17. 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 Experten kontrolliert. Für jedes einzelne Behälterexemplar bestätigt das ENSI schliesslich den qualitätsgerechten Abschluss der Fertigung durch seine Freigabe zur Verwendung (KEG; Richtlinie ENSI-G05, Kapite 4) und im Gefahrgutrecht durch die Registrierung des Serienmusters als Versandstück für radioaktive Stoffe.

Ende 2022 befanden sich 37 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 wur-

den Inspektionen und Fachgespräche mit Aufsichtsbehörden anderer Länder durchgeführt: mit der Aufsichtsbehörde *Autorité du sûreté nucléaire (ASN)* und dem Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) aus Frankreich, mit der belgischen Aufsichtsbehörde FANC und deren Sachverständigen Bel V sowie der deutschen Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) und deren Sachverständigen TÜV Berlin.

Im Berichtsjahr nahm das ENSI neun 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 Zwiilag in Würenlingen frei. Ebenso wurden neun Transport- und Lagerbehälter beim ENSI gemäss dem Leitfaden für Verpackungen radioaktiver Stoffe registriert.

Zurzeit befinden sich zwei neue Behälterbauarten im Bauartfreigabeverfahren gemäss der Richtlinie ENSI-G05, Kapitel 3. Aufgrund des teilweise innovativen Charakters dieser Behälterbauarten wird die Begutachtung auch unter Beizug externer Expertinnen und Experten abgewickelt.

8.5 Inspektionen und Audits

Bei der Beförderung radioaktiver Stoffe müssen zur Sicherheit des Transportpersonals und der Bevölkerung die Strahlenschutz- und Transportvorschriften eingehalten werden. Die Qualitätssicherungsprogramme der Konstrukteure und Hersteller von Verpackungen sowie jene der Spediteure, Absender, Beförderer und Empfänger von radioaktiven Stoffen müssen die Einhaltung der Vorschriften gewährleisten. Im Rahmen der in den Kapiteln 8.1, 8.2, und 8.3 beschriebenen Bewilligungsverfahren überprüft dies das ENSI generisch. Zudem inspiziert das ENSI regelmässig übergeordnete organisatorische Aspekte, die als gute Indikatoren für ein gelebtes Qualitätsbewusstsein dienen. Das ENSI führte im Jahr 2022 in seinem Aufsichtsbereich sechs Inspektionen zu Transporten radioaktiver Stoffe durch. Die Inspektionen betrafen den Versand von bestrahlten Brennstäben, Proben und radioaktiven Ab-



**Umladen eines Transport- und Lagerbehälters des KKL.
Foto: KKL**

fällen. Weiterhin wurde die Beladung eines T/L-Behälters und eine wiederkehrende Prüfung an einem Behälter inspiziert. Die gefahrgutrechtlichen Grenzwerte, insbesondere für Kontamination und Dosisleistung wurden in allen Fällen eingehalten. Es wurde einmal ein Verbesserungsbedarf bezüglich Dokumentation festgestellt. Alle anderen Aspekte wurden mit Normalität bewertet. Externe Bewilligungsinhaber von schweizerischen Bewilligungen für den Transport radioaktiver Stoffe (Beförderer) wurden im Zusammenhang mit ihren Tätigkeiten für die Kernanlagen bewertet. Dabei ergaben sich keine Beanstandungen. Im Rahmen des Gesuches um Erneuerung der strahlenschutzrechtlichen Bewilligung für den Transport wurde ein Fachgespräch mit den zuständigen Stellen des Gesuchstellers und dessen Gefahrgutbeauftragten geführt. Es wurden keine Audits bei Bewilligungsinhabern ausserhalb der Kernanlagen durchgeführt.

9



9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle

9.1 Einleitung

Gemäss schweizerischer Kernenergiegesetzgebung müssen die in der Schweiz anfallenden radioaktiven Abfälle in einem geologischen Tiefenlager entsorgt werden. Das seit 2008 laufende Standortauswahlverfahren für geologische Tiefenlager (Sachplan geologische Tiefenlager, SGT) wird vom Bundesamt für Energie (BFE) geleitet. Die Gesamtverantwortung für die sicherheitstechnische Beurteilung der im Verfahren gemachten Vorschläge für geologische Standortgebiete und Standorte obliegt dem ENSI (siehe Kapitel 9.2). Im Jahr 2018 startete die finale Etappe 3 des Auswahlverfahrens. Für diese letzte Etappe wurden in den drei Standortgebieten von der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) 3D-seismische Messungen durchgeführt und neun Tiefbohrungen abgeteuft. Das ENSI begleitete die Tiefbohrungen aufsichtlich (siehe Kapitel 9.3). Die Nagra kündigte im September 2022 ihre Wahl des Tiefenlagerstandorts an (siehe Kapitel 9.2). Die Nagra berichtete im Jahr 2022 im Rahmen der Sitzungen des Fachgremiums Erdwissenschaftliche Untersuchungen zweimal über die Resultate aus ihren Untersuchungen und Datenerhebungen (siehe Kapitel 9.2). An diesen Sitzungen nahmen neben dem ENSI, dem BFE und der Eidgenössischen Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) auch die Expertengruppe Geologische Tiefenlager (EGT), der Beirat Entsorgung, die Kantone und deren Experten, das Bundesamt für Landestopografie swisstopo und Fachvertreter ausländischer Behörden teil. Unterstützung bei seiner sicherheitstechnischen Beurteilung auf dem Gebiet der Entsorgung radioaktiver Abfälle erfährt das ENSI durch eine grosse Anzahl von externen Experten, insbesondere durch die international zusammengesetzte EGT, die eigene Berichte erarbeitet (siehe Kapitel 9.6). Die Zuarbeit dieser Expertengruppe dient dem ENSI bei der Vorbereitung der Prüfarbeiten

im Rahmen des SGT, aber auch bei weiteren aufsichtlichen Aufgaben (siehe Kapitel 9.5). Zu den alle fünf Jahre wiederkehrenden Arbeiten gehörten im Berichtsjahr die fach- und sicherheitstechnische Begutachtung der durch Swissnuclear erstellten Kostenstudie 2021 für die Stilllegungs- und Entsorgungskosten der Kernanlagen der Elektrizitätswirtschaft. Ebenso prüfte das ENSI das Entsorgungsprogramm 2021 und den zugehörigen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplan, welche beide durch die Nagra erstellt worden waren (siehe Kapitel 9.4 und 9.5).

Im Oktober 2021 hatte das ENSI die Unterlagen für die Kostenstudie 2021 des Stilllegungsfonds für Kernanlagen und Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke (STENFO) und den Auftrag erhalten, die darin aufgelisteten Kostenpunkte sicherheitstechnisch zu prüfen. Ende 2021 reichte die Nagra ausserdem das Entsorgungsprogramm 2021 und das Forschungs- und Entwicklungsprogramm 2021 ein. Im Berichtsjahr prüfte das ENSI die Programme der Nagra. Die Ergebnisse werden im Jahr 2023 kommuniziert.

Das ENSI geht Fachfragen auch im Rahmen von Forschungsarbeiten nach, die wichtige regulatorische Antworten liefern. Diese Forschungsarbeiten entstehen in Zusammenarbeit mit diversen Experten aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und privaten Unternehmen. Eine Reihe dieser Forschungsarbeiten erfolgt im Felslabor Mont Terri (siehe Kapitel 9.7). Zu diesen im Mont Terri laufenden Forschungsprojekten finden sich detaillierte Ausführungen im Erfahrungsbereich- und Forschungsbericht 2022 des ENSI.

Neben den Forschungsarbeiten aktualisiert und erweitert das ENSI seinen Wissensstand kontinuierlich durch seine Mitarbeit in internationalen Gremien und Forschungsprogrammen (siehe Kapitel 9.8). Mit dieser Zusammenarbeit sammelt das ENSI Erfahrungen aus anderen nationalen Ent-



**Bohrplatz Bachs.
Bild: Nagra**

sorgungsprogrammen und prüft deren Übertragbarkeit auf die Entsorgung in der Schweiz.

9.2 Sachplan geologische Tiefenlager

Mit dem Start der Etappe 3 des SGT im November 2018 hatte der Bundesrat entschieden, dass die drei Standortgebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost weiter untersucht werden sollen. In der noch laufenden Etappe 3 wurden alle drei Standortgebiete mit erdwissenschaftlichen Untersuchungen weiter analysiert (siehe Kapitel 9.3). Das ENSI veröffentlichte Ende November 2018 seine sicherheitstechnischen Vorgaben für die Etappe 3. Diese Vorgaben präzisieren das Vorgehen der Entsorgungspflichtigen bei der Standortwahl und den notwendigen Detaillierungsgrad der entsprechenden Rahmenbewilligungsgesuche.

Im ersten Halbjahr 2022 fanden mehrere Sitzungen des Fachgremiums Erdwissenschaftliche Untersuchungen und Behördenseminare mit Fach- und Behördenvertreterinnen und -vertretern des Beirats Entsorgung, des BFE, der KNS, der EGT, der Kantone und deutscher Behörden statt. An diesen Sitzungen stellte die Nagra ihre Ergebnisse aus den erdwissenschaftlichen Untersuchungen sowie das methodische Vorgehen bei ihrer Standortwahl vor. Am 12. September 2022 hat die Nagra angekündigt, dass sie ein Rahmenbewilligungsge-

such für ein Kombilager für alle radioaktiven Abfälle im Standortgebiet Nördlich Lägern in Stadel (Kanton Zürich) und ein Rahmenbewilligungsgesuch für eine Brennelementverpackungsanlage neben dem Standort des bestehenden Zentralen Zwischenlagers der Zwiilag in Würenlingen (Kanton Aargau) einreichen will. Die Nagra ist nun daran, die Rahmenbewilligungsgesuche zu erarbeiten. Diese sollen in rund zwei Jahren beim BFE eingereicht werden. Danach wird das ENSI die Vorschläge anhand der Unterlagen eingehend prüfen.

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 Behörde (BFE), der überprüfenden (ENSI) beziehungsweise unterstützenden Behörde (swisstopo), von Kommissionen (KNS, EGT), von Nichtregierungsorganisationen, der Entsorgungspflichtigen (Nagra) sowie aus delegierten Personen aus den Standortregionen, Standortkantonen, betroffenen Nachbarkantonen sowie aus Deutschland und Österreich. Das ENSI leitet das TFS, es

sammelt die Fragen, koordiniert die Beantwortung der Fragen durch die Forumsglieder und organisiert die TFS-Sitzungen. Die eingegangenen Fragen und darauf formulierten Antworten werden der Öffentlichkeit auf der Website des ENSI unter www.ensi.ch/de/technisches-forum zur Verfügung gestellt. Im Berichtsjahr fanden vier Sitzungen des TFS statt. Von den bis Ende 2022 im TFS aufgenommenen 169 Fragen waren zu diesem Zeitpunkt 160 beantwortet. Neben der Beantwortung eingereicherter Fragen wurden im Berichtsjahr an den Sitzungen verschiedene Fachthemen vertieft diskutiert: An der Sitzung im März 2022 stellte die Nagra ihr Entsorgungsprogramm 2021 vor. Zudem wurde eine Studie zum Temperaturanstieg des Grundwassers im Umkreis eines Tiefenlagers für hochaktive Abfälle behandelt und die Geologie und Hydrogeologie des deutschen Endlagers Konrad vorgestellt. Im September 2022 erläuterte die Nagra ihren kurz davor bekanntgegeben Standortvorschlag zur Ausarbeitung der Rahmenbewilligungsgesuche. In der darauffolgenden Sitzung präsentierte die deutsche Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager (ESchT) ihre Plausibilitätseinschätzung zu diesem Standortvorschlag.

Fachgremium Erdwissenschaftliche Untersuchungen

Zur fachlichen Diskussion der Resultate aus den erdwissenschaftlichen Untersuchungen der Nagra in der Etappe 3 wurde 2015 das Fachgremium Erdwissenschaftliche Untersuchungen (FEU) gegründet. Bis Ende 2022 haben unter der Leitung des ENSI 14 Sitzungen stattgefunden. Dieses Fachgremium wird durch ein neues Informationsgefäss ersetzt (siehe Absatz Behördenseminare). Das Fachgremium bot eine Plattform für den offenen fachlichen Austausch unter Behördenvertreterinnen und -vertretern von Bund und Kantonen sowie unter Expertinnen, Experten und Expertengruppen aus der Schweiz und Deutschland. Die FEU-Sitzungen dienten einer frühzeitigen Erläuterung der Untersuchungsergebnisse durch die Nagra.

Im Berichtsjahr fanden die 13. und 14. FEU-Sitzung statt. Die Nagra präsentierte an den beiden Sitzungen Resultate aus ihren laufenden Auswertungen der 3D-seismischen Datensätze und zu den letzten abgeteuften Tiefbohrungen, darunter auch zur abgelenkten Tiefbohrung Rheinau, in der eine potenzielle Störungszone durchteuft wurde.

Behördenseminare

Die Behördenseminare erlauben es den im Rahmen des SGT involvierten Behörden und Gremien, sich über die von der Nagra geplanten methodischen Herangehensweisen bei der sicherheitstechnischen Bewertung zu informieren.

Im Jahr 2022 fanden zwei Behördenseminare statt. Im ersten Behördenseminar vom März 2022 hat die Nagra das aus ihrer Sicht vorhandene Platzangebot in den drei Standortgebieten vorgestellt. Sie hat Entwürfe zu standortspezifischen Lagerprojekten vorgelegt und mithilfe dieser die räumliche Ausdehnung bewertet. In einem zweiten Teil wurden aufbauend darauf die Ergebnisse der Systemanalysen erläutert und der jeweilige Beitrag der einzelnen Barrieren dargestellt. Am zweiten Behördenseminar vom Juni 2022 stellte die Nagra die bevorzugten Gebiete zur Lagerfeldplatzierung in den drei Standortgebieten vor. Ausserdem präsentierte die Nagra, wie sie bei der Bewertung der Standortgebiete in der Etappe 3 vorzugehen gedenkt.

Da die erdwissenschaftlichen Untersuchungen im Hinblick auf die Standortwahl der Nagra weitgehend abgeschlossen sind, hat das ENSI beschlossen, das FEU und die Behördenseminare zusammenzulegen und als neues Informationsgefäss zum Rahmenbewilligungsgesuch (RBG-Seminare) weiterzuführen. Diese Seminare werden ab 2023 stattfinden und voraussichtlich vier Sitzungen pro Jahr umfassen.

Öffentlichkeitsarbeit

Im Berichtsjahr unterstützte das ENSI das BFE im Rahmen von Informationsveranstaltungen in den Standortgebieten Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost sowie



Das ENSI erforscht im Felslabor Mont Terri tiefenlager-relevante Prozesse. Foto: swisstopo

im Rahmen von Ausbildungsmodulen zum SGT in den Anlagen der Zwiilag sowie im Felslabor Mont Terri. Zudem nahm das ENSI im Mai und im Juni 2022 an der Veranstaltung «Tiefenlager aktuell» zur Kostenstudie 2021 und zum Entsorgungsprogramm 2021 teil. Die Information der Öffentlichkeit über die Standortwahl der Nagra erfolgte unter Leitung des BFE und unter Beteiligung des ENSI am 12. September 2022 an einer Medienkonferenz in Bern. Zusätzlich war das ENSI im September 2022 beteiligt an verschiedenen Veranstaltungen zur Information der am SGT beteiligten Gremien und der Regionalkonferenzen. Im Oktober 2022 fanden zwei Informationsveranstaltungen in der Standortregion Jura Ost und Nördlich Lägern statt. Das ENSI war bei diesen Veranstaltungen mit Informationsständen vor Ort. Im Weiteren nahm das ENSI an verschiedenen Vollversammlungen der Regionalkonferenzen teil und stand den dazugehörigen Fachgruppen Sicherheit für Auskünfte zu Fachthemen zur Verfügung. Im Jahr 2022 führte das ENSI verschiedene Besuchergruppen durch das Felslabor Mont Terri und stand für Auskünfte zur Verfügung.

9.3 Sondierbohrungen für die Etappe 3

Für die Tiefbohrungen der Nagra ist das ENSI als Leitbehörde für die Freigaben von Bau, Betrieb, Verschluss und gegebenenfalls der Langzeitbeobachtung sowie für die Kon-

trolle der Auflagen aus den jeweiligen Bewilligungen des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) und aus den ENSI-Freigaben zuständig. Mit den Freigaben zu einzelnen Phasen auf dem Bohrplatz präzisiert und konkretisiert das ENSI die in den Bewilligungen allgemein formulierten Anforderungen an die Auslegung der Bohrungen und den Bohrbetrieb. Der Bohrbetrieb auf den Bohrplätzen der neun durchgeführten Tiefbohrungen ist inzwischen abgeschlossen. Im Berichtsjahr bearbeitete das ENSI zwei Freigabeanträge für die Tiefbohrungen Stadel 3 (Einbau des Langzeitbeobachtungssystems) und Bachs (Verschluss der Bohrung). Zudem beschäftigte sich das ENSI im Berichtsjahr mit Qualitätsprüfungen, vorbereitend zum anvisierten Verschluss der noch offenen Bohrungen Bözberg 2, Trüllikon 1 und Stadel 2.

Die Kontrolle der mit Bewilligung und Freigaben verfügbaren Auflagen erfolgte neben dokumentarischen Nachweisen auch über direkte Begehungen der Bohrplätze. Im Berichtsjahr führte das ENSI 25 Begehungen durch. Diese umfassten zum Beispiel Kontrollen des Bohrbetriebs, Überwachung von Zementationsarbeiten und von Arbeiten zum Einbau der Messsysteme zur Langzeitbeobachtung sowie Kontrollen von Rückbauarbeiten. Während des laufenden Betriebs der Tiefbohrung Bachs sichtete das ENSI darüber hinaus regelmässig die Ta-



**Das Felslabor Mont Terri umfasst 1200 Meter Nischen und Stollen.
Foto: swisstopo**

ges- und Wochenrapporte sowie die täglich aktualisierten Prognosen. Zusätzlich zur operativen Aufsicht begleitete das ENSI an mehreren Terminen das wissenschaftliche Untersuchungsprogramm vor Ort und nahm die dazu gewonnenen Bohrkerne auf dem Bohrplatz Bachs in Augenschein.

9.4 Kostenstudie

Die Eigentümer von Kernanlagen in der Schweiz sind dazu verpflichtet, ihre Anlagen nach der endgültigen Ausserbetriebnahme auf eigene Kosten stillzulegen und die aus den Anlagen stammenden radioaktiven Abfälle zu entsorgen (Artikel 26 und 31 Kernenergiegesetz, KEG). Zur Sicherstellung der Finanzierung der Stilllegung und Entsorgung sind die Eigentümer von Kernkraftwerken und die Zwiilag verpflichtet, regelmässig Beiträge an den Stilllegungs- und Entsorgungsfonds zu leisten (Artikel 77 Absatz 3 KEG). Zur Festlegung dieser Beiträge sind sie verpflichtet, alle fünf Jahre eine Studie zur voraussichtlichen Höhe der Stilllegungs- und Entsorgungskosten (Kostenstudie) zu erstellen (Artikel 4 Absatz 1 Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung, SEFV). Im Oktober 2021 reichte Swissnuclear die Kostenstudie 2021 für alle Betreiber bei der Verwaltungskommission des STENFO ein. Sie bildet die Grundlage für die Bemessung der Rückstellungen und Fondsbeiträge in den Jahren 2022 bis 2026.

Das ENSI hat im Berichtsjahr mit Unterstützung externer Experten die Angaben in der Kostenstudie 2021 in fach- und sicherheitstechnischer Hinsicht überprüft und seine Stellungnahme im Mai 2022 an die Verwaltungskommission des STENFO übergeben. Die Prüfung der auf dieser technischen Grundlage ermittelten Basiskosten, der Kosten zur Risikominderung sowie der Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten und zur Berücksichtigung von weiteren Risiken erfolgt unter Federführung der Verwaltungskommission durch weitere hinzugezogene Finanz- und Risikoexperten.

9.5 Entsorgungsprogramm

Die Kernenergieverordnung (KEV) legt in Artikel 52 fest, dass die Entsorgungspflichtigen ein Entsorgungsprogramm vorlegen müssen, das alle fünf Jahre anzupassen ist. Zuständig für die Überwachung der Einhaltung des Programms sind das ENSI und das BFE.

Das BFE prüft den Finanzplan für die Entsorgungsarbeiten bis zur Ausserbetriebnahme der Kernanlagen sowie das Informationskonzept der Nagra. Gemäss bundesrätlicher Auflage 6.1 aus der Verfügung des Bundesrates zum Entsorgungsprogramm 2008 vom 22. August 2013 wurde im Dezember 2021 durch die Nagra mit dem Entsorgungsprogramm auch ein Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplan (RD&D-Plan) veröffentlicht. Das ENSI prüfte im

Berichtsahr, ob im Entsorgungsprogramm die in der Gesetzgebung aufgeführten Inhalte dargelegt und stufengerecht umgesetzt wurden. Zudem wurden zu einzelnen Teilaspekten, insbesondere bei der Überprüfung des RD&D-Plans der Nagra, Einschätzungen von Experten der EGT berücksichtigt.

9.6 Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung

Gemäss Pflichtenheft des SGT unterstützt die Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung (EGT) das ENSI in seiner Arbeit zu den sicherheitstechnischen Beurteilungen, verfasst zuhanden des ENSI Stellungnahmen zur geologischen Beurteilung der Standortgebiete und Standorte und zur bautechnischen Machbarkeit der geologischen Tiefenlager, nimmt Stellung zu Gesuchen für erdwissenschaftliche Untersuchungen und nimmt an den Sitzungen des TFS und des FEU sowie an den Behördenseminaren teil. 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, welche verschiedene in der geologischen Tiefenlagerung relevante Fachbereiche abdecken. Das ENSI führt das Sekretariat der EGT.

Im Berichtsjahr fanden sechs meist ganztägige, reguläre Plenarsitzungen der EGT statt. Die EGT war zudem an zwei Plenarsitzungen des FEU, an vier Sitzungen des TFS und an zwei vom ENSI organisierten Behördenseminaren vertreten. Zusätzlich vertraten Mitglieder die EGT in Fachsitzungen mit der Nagra zu den Themen 3D-Seismik, Daten- und Informationsmanagement sowie an ENSI-internen Sitzungen und Workshops zu den Themen Erosion und einchlusswirksamer Gebirgsbereich.

Im Jahr 2022 publizierte die EGT Empfehlungen zu einem Datenmanagement-Plan für die geologische Tiefenlagerung.



**Im Felslabor Mont Terri wird der Opalinuston als Wirtgestein für die geologische Tiefenlagerung detailliert untersucht.
Foto: swisstopo**

Anfang 2022 befasste sich die EGT intensiv mit der Prüfung des gemeinsam mit dem Entsorgungsprogramm 2021 (siehe Kapitel 9.5) eingereichten Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplans 2021 der Nagra. Die Resultate dieser Prüfung sind in die Stellungnahme des ENSI zum Entsorgungsprogramm eingeflossen.

9.7 Felslaboratorien

In der Schweiz betreibt swisstopo das Felslabor Mont Terri und die Nagra das Felslabor Grimsel. In diesen 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. Anhand von Demonstrationsversuchen werden ausserdem die Eigenschaften und das Verhalten technischer Barrieren (Bentonit, Zement, Stahlbehälter)



**Besucherführung im
Felslabor Mont Terri.
Foto: Nagra**

in Wechselwirkung untereinander und mit der geologischen Barriere untersucht, um die für die Sicherheitsbeurteilung erforderlichen Datensätze zum Gesamtverhalten des Barrierensystems zu gewinnen.

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 auf- beziehungsweise ausgebaut und es werden für die aufsichtliche Beurteilung eigene Datensätze und Modelle entwickelt. Details zu den aktuellen Experimenten unter der Leitung oder Beteiligung des ENSI sind im Erfahrungs- und Forschungsbericht 2022 beschrieben.

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

9.8 Internationaler Wissenstransfer

Basis der fachlichen Beurteilungsarbeit des ENSI ist die Festlegung des Stands 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 Stands 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 Kapitel 9.7) engagiert sich das ENSI in internationalen Forschungsprojekten zur Entsorgung und arbeitet in verschiedenen internationalen Gremien.

Das ENSI beteiligte sich im Berichtsjahr ebenfalls an den Aktivitäten der Arbeitsgruppen der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) und der Nuclear Energy Agency (NEA). Diese umfassen die Group for the Safety Case (IGSC), die Working Group on Measurements and Physical Understanding of Groundwater Flow through Argillaceous Media (Clay Club) und die Expert Group on Operational Safety (EGOS). Die Mitarbeit des ENSI in den Gremien der OECD und NEA 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 Forschungskoooperation, die vom 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». Im April 2020 begann die bis Ende 2023 laufende Phase VIII des Projekts. Neben dem ENSI nehmen 17 finanzierende Organisationen teil. Diese können zusätzliche Forschungsteams beauftragen.

Das ENSI hat das Arbeitspaket C vorgeschlagen und leitet dieses mit Unterstützung der englischen Firma Quintessa. An diesem Arbeitspaket beteiligen sich neben dem ENSI Organisationen aus China, Deutschland, Kanada, Südkorea, den USA und der Schweiz. Das Arbeitspaket befasst sich mit der Modellierung des Heizexperiments im Massstab 1:1 (Full-Scale-Emplacement-Experiment, FE) im Felslabor Mont Terri. Die Daten wurden von der Nagra und den anderen Partnern des Experiments zur Verfügung gestellt. Die Details zu den aktuellen Ergebnissen sind im Erfahrungs- und Forschungsbericht 2022 beschrieben.

BIOPROTA

BIOPROTA ist ein internationales Forum, das sich mit Prozessen zur Freisetzung von Radionukliden aus einem Lager für radioaktive Abfälle in die Biosphäre befasst. Das ENSI ist seit 2012 Mitglied des Forums. Die Mitgliedschaft dient der Kompetenzerweiterung des ENSI im Bereich der Biosphärenmodellierung. Die Arbeiten betreffen 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 Forschungsarbeiten zu diskutieren

und zukünftige Forschungsschwerpunkte festzulegen. Aktuell beteiligt sich das ENSI an einem Schwerpunktprojekt zum Thema «Transport von C-14 in terrestrischen und Süswasserumgebungen». Ausserdem fanden Videokonferenzen zu weiteren Themen statt.

IGSC

Im Mai des Berichtsjahres fand ein internationaler Workshop zum Thema «Building Confidence in the Face of Uncertainty: The Role of the Safety Case» in der Schweiz statt. Vertreterinnen und Vertreter der Fachgruppen Sicherheit der Regionalkonferenzen der drei Standortgebiete haben an dem Workshop teilgenommen und ihre Anliegen zu diesem Thema eingebracht. Es ist geplant, eine Zusammenfassung des Workshops auf der NEA-Webseite zu veröffentlichen. Zusätzlich fand im Oktober 2022 das jährliche Treffen der IGSC in Paris statt. An diesem Treffen wurde die Frage diskutiert, wann eine ausreichende Sicherheit im Sicherheitsnachweis für geologische Tiefenlager erreicht ist.

Clay Club

Die Working Group on Measurements and Physical Understanding of Groundwater Flow through Argillaceous Media, kurz Clay Club, verfolgt auf internationaler Ebene den aktuellen Stand der Tongesteinsforschung und tauscht Erfahrungen dazu aus. An der Jahressitzung des Clay Clubs, die am 16. Juni 2022 unter dem Namen Clay Conference in Nancy als physisches Treffen stattfand, informierten die Mitgliederorganisationen über den Stand der Arbeiten in den Ländern. Ausserdem wurde über die laufenden Projekte informiert sowie die Planung des Projekts «Anomalous Pressure» diskutiert. Die Details zu den Projekten sind im Erfahrungs- und Forschungsbericht 2022 beschrieben.

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 Berichtsjahr überarbeitete die EGOS die drei Berichtsentwürfe zu den Themen «Fire and Ventilation», «Development of Waste Acceptance Criteria» und «Gefährdungsbilder für den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers». Zudem befasste sich die EGOS im Rahmen ihrer Jahressitzung schwerpunktmässig mit den verschiedenen Herangehensweisen der vertretenen Länder an den Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase von geologischen Tiefenlagern.

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 alle 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.

Basierend auf Artikel 41 der Kernenergieverordnung verlangt das ENSI für alle schweizerischen KKW 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 und wird dementsprechend auch in den schweizerischen PSA 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 im Wesentlichen folgende Arbeiten durchgeführt:

- Das ENSI schloss die Überprüfung der Erdbeben-PSA ab, welche mit Inkraftsetzung der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 gemäss der Verfügung vom 26. Mai 2016 von den Kernkraftwerksbetreibern zu aktualisieren waren. Es zeigte sich, dass die Aussagekraft der neu eingereichten Analysen zum Beispiel durch Neubewertungen von seismischen Komponenten-Versagenswahrscheinlichkeiten (englisch: Fragilities) weiter gesteigert wurde. Ferner hat das ENSI nach Überprüfung der von den KKW-Betreibern dazu eingereichten Analysen die Gefährdungsannahmen für Extremwetterereignisse neu festgelegt.

- Die vom Kernkraftwerk Beznau (KKB) eingereichten Unterlagen umfassen eine überarbeitete PSA für die Bewertung des Brennelementbeckens im Leistungsbetrieb und eine Aufdatierung des Vergleichs zwischen den Risikokenngrössen der beiden Blöcke. Zudem wurde eine umfangreiche Analyse mehrfacher Fehlauflösung von Komponenten als Konsequenz eines Brandes eingereicht und vom ENSI bewertet. Das KKB hat darüber hinaus gewisse Fragen zur Stufe-2-PSA geklärt und die entsprechende Dokumentation verbessert.

- Das ENSI schloss die Überprüfung des vom Kernkraftwerk Gösgen (KKG) im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) eingereichten PSA-Modells und der dazugehörigen Dokumentation ab. Die Ergebnisse dieser Überprüfung werden Bestandteil der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ sein.

- Das Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) hat dem ENSI im Rahmen der PSÜ 2022 eine vollständig überarbeitete PSA eingereicht. Das ENSI wird diese überprüfen.

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. Die KKW Beznau, Gösgen und Leibstadt halten dieses Ziel gemäss den per Ende 2022 vor-

liegenden Analysen ein. Für abgeschaltete KKW hat die IAEA kein entsprechendes Sicherheitskriterium formuliert. Die Brennstoffschadenshäufigkeit des Kernkraftwerks Mühleberg lag per Ende 2022 jedoch ebenfalls unterhalb von 10^{-4} pro Jahr.

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 Vorjahres 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 Vorjahres (2021) 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 2021 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 KKB und im KKL wurden keine latenten Fehler mit risikotechnischem Einfluss beobachtet. Im KKG wurde beim Ausfall von Armaturen des Gebäudeabschlusses für Lüftungstechnische Anlagen eine latente Unverfügbarkeit angenommen. Diese Unverfügbarkeit hatte jedoch keinen Einfluss auf das Kernschadensrisiko.

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

Im Jahr 2022 waren alle meldepflichtigen Vorkommnisse risikotechnisch unbedeutend. Das heisst, sie wurden auf der internationalen Ereignisskala INES aufgrund der Risikobewertung der Stufe 0 zugeordnet ($ICCDP_{Vorkommnis}$ 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 Pickettingenieur (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 radioakti-

ver Stoffe) bei einem schweren Unfall abzuschätzen. Diese Quellterme wiederum können für Ausbreitungsrechnungen verwendet werden.

Im Jahr 2022 wurde insbesondere das Simulationsmodul überarbeitet. So wurden Verbesserungen am Quellcode implementiert und die Benutzerfreundlichkeit verbessert.

10.4 Kerntechnische Ausbildung

Die Betreiber der 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 zulassungspflichtige Personal der KKW. Damit werden die Anforderungen im Bereich der kerntechnischen Grundausbildung gemäss der Richtlinie ENSI-B10 (Ausbildung, Wiederholungsschulung und Weiterbildung von Personal) sowie der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen erfüllt. Die NTS bietet Kurse und Lehrgänge auf dem Niveau einer höheren Fachschule gemäss dem Bundesgesetz über die Berufsbildung und den einschlägigen Verordnungen an, welche von der ehemaligen Reaktorschule des PSI auf die Nukleartechnikerschule übertragen wurden. Seit dem 1. Januar 2022 ist die NTS komplett selbständig. Ihr Qualitätsmanagementsystem wurde im Berichtsjahr gemäss der ISO-Norm 21001:2018, Managementsysteme für Bildungsorganisationen, zertifiziert.

Im Januar 2022 konnte die kerntechnische Grundausbildung mit 19 Absolventinnen und Absolventen gestartet werden. Diese werden voraussichtlich im April 2024 ihre Ausbildung abschliessen. Neun Teilnehmerinnen und Teilnehmer des vorherigenurses durften im Dezember 2022 ihre Diplome «Techniker HF, Fachrichtung Grossanlagenbetrieb» in Empfang nehmen.

Im Herbst 2022 führte die NTS den 18-tägigen Einführungskurs in die Kerntechnik durch. Im Einführungskurs Kerntechnik werden die für die nukleare Sicherheit rele-

vanten 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.

10.5 Aus- und Fortbildung im Strahlenschutz

Gestützt auf die Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (StSAV) übt das ENSI die Aufsicht über die Ausbildung im Strahlenschutz aus. Hierzu zählt unter anderem die Anerkennung von Kursen für das Strahlenschutzpersonal, welches in den Kernanlagen eingesetzt wird.

Für die Wahrnehmung von Strahlenschutzaufgaben innerhalb der kontrollierten Zone in den Kernanlagen benötigt das eingesetzte Personal fach- und arbeitsspezifische Aus- und Fortbildungen. Die gesetzlichen Vorgaben regeln die Einsatzgebiete und die sogenannten «erlaubten Tätigkeiten» für das Strahlenschutzpersonal in den drei Kategorien: Strahlenschutz-Sachverständige (Berufsgruppe K1), Strahlenschutztechnikerinnen und -techniker (Berufsgruppe K2) und Strahlenschutzfachkräfte (Berufsgruppe K3). 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

Das PSI bietet verschiedene, vom ENSI anerkannte Ausbildungs- und Fortbildungskurse für Strahlenschutz-Sachverständige, Strahlenschutztechnikerinnen und -techniker sowie Strahlenschutzfachkräfte an.

Im Juli 2022 führte das Bildungszentrum des PSI insgesamt drei Fortbildungskurse K311 für Strahlenschutzpersonal in Kernanlagen durch. Insgesamt besuchten 45 Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Kurse für die Berufsgruppen K1, K2 und K3: 35 Personen aus den schweizerischen KKW, vier Personen

aus dem PSI und fünf Personen aus schweizerischen und deutschen Dienstleistungsunternehmen sowie eine Privatperson. Der 16-wöchige Ausbildungskurs K314 für Strahlenschutzfachkräfte fand im Herbst 2022 statt. Diesen Kurs besuchten vier Personen aus den schweizerischen KKW, drei Personen aus dem PSI und zehn Personen aus schweizerischen und deutschen Dienstleistungsunternehmen. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer haben die Abschlussprüfung bestanden und können somit nach erfolgreich absolvierten Praktika als Strahlenschutzfachkräfte in den schweizerischen Kernanlagen anerkannt werden.

Im Berichtsjahr erteilte das ENSI eine erneute Anerkennung für den Fortbildungskurs K311 sowie für den Ausbildungskurs K312. Die Anerkennung hat eine Gültigkeit von zehn Jahren.

Insgesamt führte das Bildungszentrum des PSI im Berichtsjahr 24 Aus- und Fortbildungskurse für die schweizerischen Kernanlagen durch, an denen insgesamt 259 Personen teilnahmen. 55 Teilnehmerinnen und Teilnehmer besuchten die sieben Kurse mit Bezug zu Transporten radioaktiver Gefahrgüter.

10.5.2 Zusatzkurs für Strahlenschutzfachkräfte

Während der Revisionsabstellungen sind in einem KKW zum Schutz des Personals bis zu hundert Strahlenschutzfachleute erforderlich. Um diesen temporär erhöhten Bedarf an fachkundigem Personal zu decken, findet ein länderübergreifender Austausch von Fachpersonal statt. Dabei ist es unerlässlich, länderspezifische Unterschiede, vor allem bezüglich der Vorgaben der Strahlenschutzgesetzgebung, gezielt zu schulen. Das ENSI anerkannte im Jahr 2021 einen entsprechenden von der Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleitern (GSKL) entwickelten Kurs für Fachkräfte mit IHK-Zertifikat (Zertifikat einer Industrie- und Handelskammer in Deutschland). Der GSKL-Kurs fand im Berichtsjahr mit 15 Teilnehmerinnen und Teilnehmern im KKW Gösgen statt. 14 Personen konnten anschliessend als Strahlenschutz-

fachkraft in schweizerischen Kernanlagen anerkannt werden. Eine weitere Person besuchte den Kurs als betriebsinterne Fortbildungsmassnahme.

Anhang

Erläuterungen zur Sicherheitsbewertung	103
Abbildung 1: ENSI-Sicherheitsbewertungsskala	104
Abbildung 2: Definition der ENSI-Kategorien G, N, V und A	106
Tabelle 1: Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2022	107
Tabelle 2: Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2022	107
Tabelle 3: Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2022	107
Tabelle 4: Meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2022	108
Tabelle 5: Kollektivdosen in den schweizerischen Kernkraftwerken im Berichtsjahr	109
Tabelle 6: Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und bei der Bundessammelstelle am PSI per 31.12.2022	109
Tabelle 7: Radioaktive Abfälle in den Anlagen der Zwiilag per 31.12.2022	109
Figur 1: Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung 2013–2022	110
Figur 2: Meldepflichtige Vorkommnisse 2013–2022	111
Figur 3: Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams) 2013–2022	112
Figur 4: Brennstabschäden (Anzahl Stäbe) 2013–2022	113
Figur 5a: Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	114
Figur 5b: Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	114

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	7 Schwerwiegender Unfall
		6	6 Ernsthafter Unfall
		5	5 Unfall mit Gefährdung der Umgebung
4 Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung ICCDP _{Vork.} = 1		4	4 Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung
3 Ernsthafter Zwischenfall 1E-2 < ICCDP _{Vork.} < 1		3	3 Ernsthafter Zwischenfall
2 Zwischenfall 1E-4 < ICCDP _{Vork.} < 1E-2		2	2 Zwischenfall
1 Anomalie 1E-6 < ICCDP _{Vork.} < 1E-4		1	1 Anomalie
0 ICCDP _{Vork.} < 1E-6			
	unterhalb der Skala	A	A Abweichung
		V	V Verbesserungsbedarf
		N	N Normalität
		G	G Gute Praxis
Vorkommisklassierungen: ICCDP _{Vorkommnis} gemäss ENSI-A06	INES	ENSI	Zellen-Bewertungen in Sicherheitsbewertungsmatrix

Teilskala 4

Kategorien	Kriterien
≥ 1	nach INES-Kriterien
A Abweichung	<ul style="list-style-type: none"> – 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: $10^{-6} < ICCDP_{\text{Vork.}} < 10^{-6}$
V Verbesserungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> – generell: zu behebbende 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 2022

	KKB 1	KKB 2	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	7992,1	9342,4	23879,3	288851
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	2562,1	2974,9	7886,7	9753,4
Abgegebene thermische Energie [GWh]	145,6	14,1	226,7	
Zeitverfügbarkeit ¹ [%]	82,7	96	91	91,9
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	15	4	9,4	8,3
Arbeitsausnutzung ² [%]	80,3	93,1	90,3	90,5
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	0	1	0	0
Unvorhergesehenes Abfahren der Anlage	0	0	0	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen ³ (> 10 % Pn)	1	1	0	1

Tabelle 2:
Betriebsdaten der
schweizerischen
Kernkraftwerke 2022

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	34 (36)	11 (13)	34 (31)	33 (22)
Schichtchefs	28 (27)	10 (12)	18 (18)	15 (15)
Piketzingenieure	16 (16)	4 (4)	13 (13)	13 (14)
Strahlenschutzsachverständige	8 (8)	4 (4)	7 (4)	5 (4)
Strahlenschutzfachkräfte	11 (9)	14 (16)	6 (6)	12 (12)
Strahlenschutztechniker	7 (8)	8 (9)	6 (6)	5 (6)
Gesamtbelegschaft (Personen)	486 (481)	264 (279)	558 (574)	471 (506)

Tabelle 3:
Bestand an zulas-
sungspflichtigem
Personal und
Gesamtbelegschaft in
den Kernkraftwerken
(ohne Lernende)
Ende 2022
(in Klammern Werte
von 2021)

Datum*	KKW	Vorkommnis	Einstufung INES
24.01.2022	KKB 2	Leckage an der Entlastungsleitung einer Ladepumpe des Chemie- und Volumenregelsystems	0
15.02.2022	KKB	Nichtbeachtung der Dosimetertragepflicht	0
10.03.2022	KKG	Vorzeitig ausgeführte Arbeiten an einem Rohrblock	0
16.03.2022	KKM	Buch des Stehbolzens des Motorkühlwasser-Wärmeaustauschers einer Redundanz der Notstromdieselanlage SUSAN	0
10.05.2022	KKB 2	Ungeplante Nichtverfügbarkeit eines Abblaseventils	0
19.05.2022	KKB 1	Leckage im Chemie- und Volumenregelsystem	0
24.05.2022	KKB 1	Leckage im Primären Nebenkühlwasserkühlsystem	0
25.05.2022	KKG	Ausfall einer Kaminabluft-Beta-Aktivitätsmessung	0
31.05.2022	KKG	Abstandhalterbeschädigungen an Brennelementen	0
02.06.2022	KKG	Rissanzeigen parallel zum Rohrboden eines Dampferzeugers	0
05.06.2022	KKB 1	Gebrochene Schrauben am Antrieb einer Armatur des Chemie- und Volumenregelsystems	0
20.06.2022	KKB 2	Stopfbuchsleckage an einer Ladepumpe im Chemie- und Volumenregelsystem	0
01.07.2022	KKL	Erhöhte Ortsdosisleistung im Bereich einer Leitung	0
07.07.2022	KKB 1	Leckage an einem Ventilblock des Regelventils im Chemie- und Volumenregelsystem	0
11.07.2022	KKB 2	Leckage am Gehäuse einer Mehrstufenblende einer Ladepumpe	0
26.07.2022	KKM	Wasseraustritt am Stutzen des Chemieabwasserbehälters	0
08.08.2022	KKG	Ausfall einer Kaminabluft-Beta-Aktivitätsmessung	0
23.08.2022	KKB 1	Manuelle Abstellung einer Turbogruppe wegen einer Ölleckage	0
08.09.2022	KKM	Kleinstleckage aus den Feuerlöschwasser- und Trinkwasserleitungen	0
25.09.2022	KKL	Turbinenschnellabschaltung	0
06.10.2022	KKL	Überschreitung der Oberflächenkontamination über den zulässigen Wert für den an diesem Ort deklarierten Zonentyp	0
07.10.2022	KKB 2	Turbinenschnellabschaltung mit anschließender Reaktorschnellabschaltung	0
12.10.2022	KKL	Unerwarteter Anstieg des Kontaminationspegels durch Leckage im Maschinenhaus	0
26.10.2022	KKL	Beschädigte Leitradbefestigungsschrauben bei einer Pumpe	0
28.10.2022	KKM	Leckage an einer Feuerlöschwasserleitung für das SUSAN-Gebäude	0
08.11.2022	KKG	Messabweichung der Niveaumessungen in den Notstanddeionatbecken	0
01.12.2022	KKL	Gebrochene Schrauben am Motorträger eines Notstromdiesels	0
23.12.2022	KKL	Abweichungen bei Dichtheitsprüfungen an Strahlenquellen	0

Tabelle 4:
Meldepflichtige
Vorkommnisse im
Bereich der nuklearen
Sicherheit 2022

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

	KKB 1		KKB 2		KKG		KKL		KKM	
Betriebszustand	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Brennelementwechsel	51			40						
Revisionsstillstand		528	243		271	261	176	982		
Stilllegung									332	290
Leistungsbetrieb*	42	33	35	40	58	84	3420	467		
Total	93	561	278	80	329	345	3596	1449	332	290

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

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

	unkonditioniert			konditioniert		
	Anfall	Auslagerung ¹	Bestand	Produktion	Auslagerung ²	Bestand
PSI	46	7	560	27	–	1666
KKB	27	44	32	6	12	1209
KKM	88	44	135	1	198	214
KKG	26	22	28	6	4	93
KKL	54	66	4	41	10	1445
Total	241	183	759	81	224	4627
				Zugang		Bestand
Anzahl Behälter mit Brennelementen im KKB				2	–	17

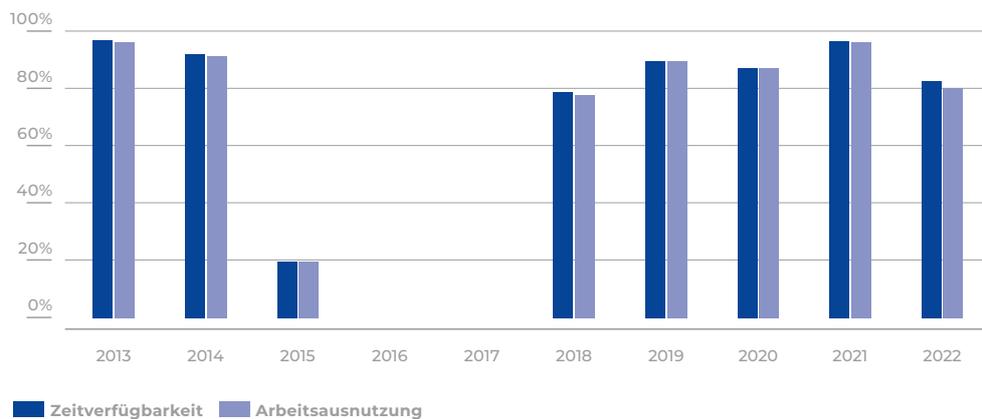
Tabelle 6:
Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und bei der Bundes-sammelstelle am PSI per 31.12.2022 (inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung), Bruttovolumina gerundet in m³

- ¹ Bruttovolumen der im Berichtsjahr zur Zwiilag transferierten Abfälle für die Behandlung in der Plasma-Anlage und der Konditionierungsanlage
² Transfer konditionierter Abfälle zur Zwischenlagerung bei der Zwiilag

	unkonditioniert			konditioniert
	Anfall ^{1,2}	Annahme zur Konditionierung beziehungsweise Triage ²	Bestand ³	Produktion
Verarbeitung [m ³]	90	188	1981	59
Bestand (konditionierte Abfälle)		Einlagerung	Auslagerung	Bestand
Bruttovolumen konditionierter Abfälle ⁴ [m ³]		283	–	3109
Anzahl Behälter mit Brennelementen		7	–	54
Anzahl Behälter mit Glaskokillen		–	–	23
Anzahl Behälter mit Lucens-Abfällen		–	–	6

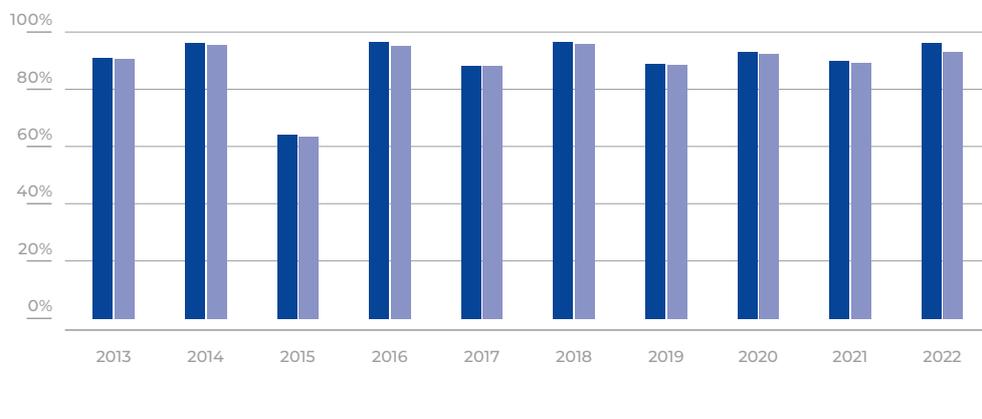
Tabelle 7:
Radioaktive Abfälle in den Anlagen der Zwiilag per 31.12.2022

- ¹ Hierin enthalten sind:
– Sekundärabfälle aus allen Betriebsbereichen der Zwiilag
² Nur teilweise radioaktiver Abfall
³ Hierin enthalten sind 38 Gebinde (8 m³) mit leicht angereichertem uranhaltigem Material aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens.
⁴ Alle Lagerteile der Zwiilag ausgenommen separat aufgeführtem Bestand des HAA-Lagers

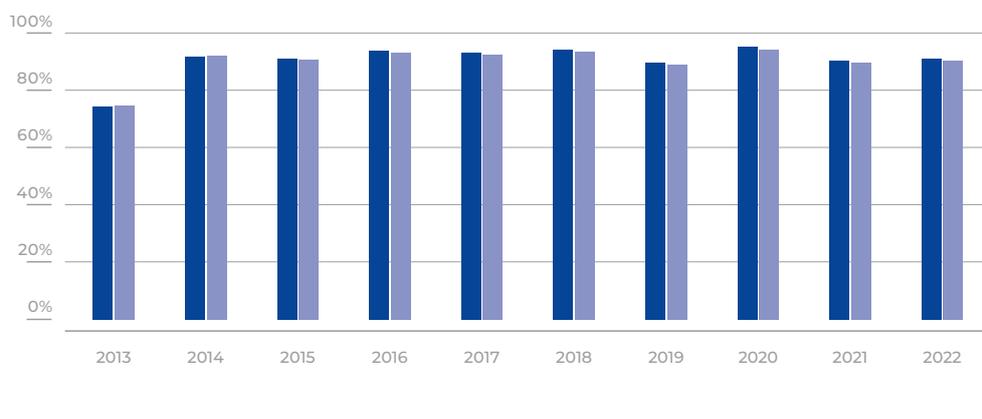


**Figur 1:
Zeitverfügbarkeit und
Arbeitsausnutzung
2013-2022**

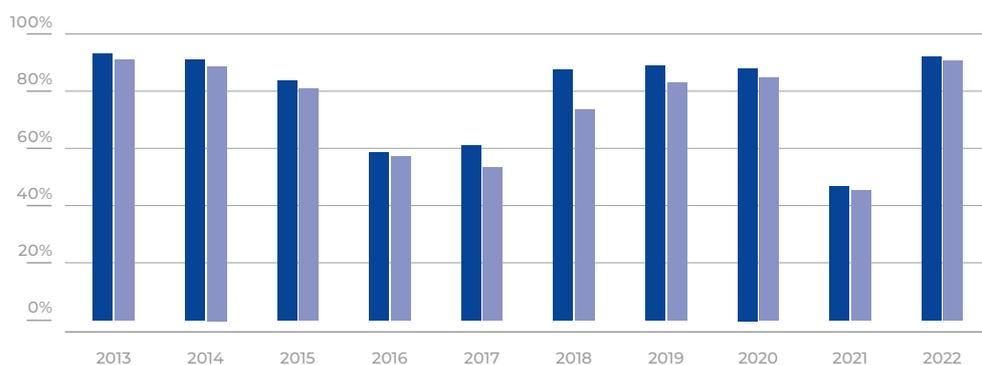
KKB 1



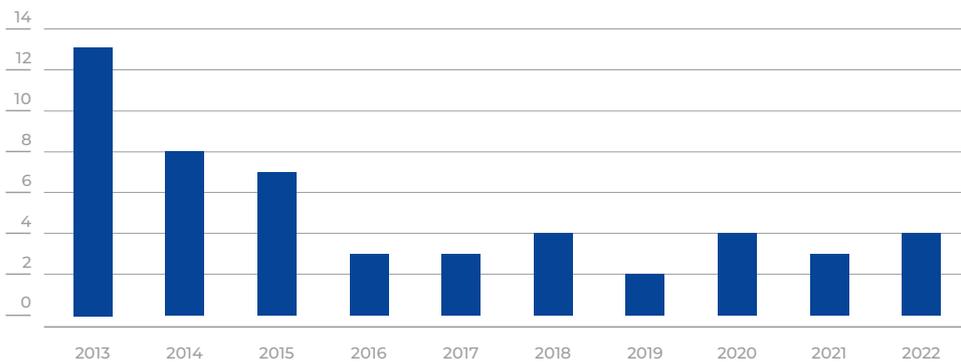
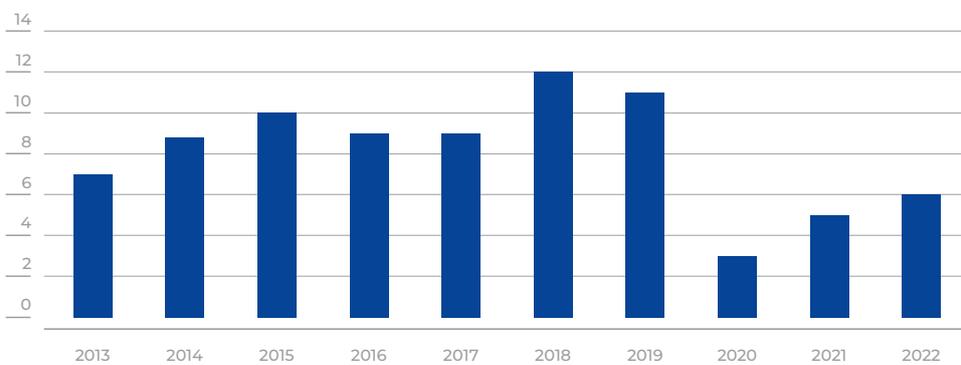
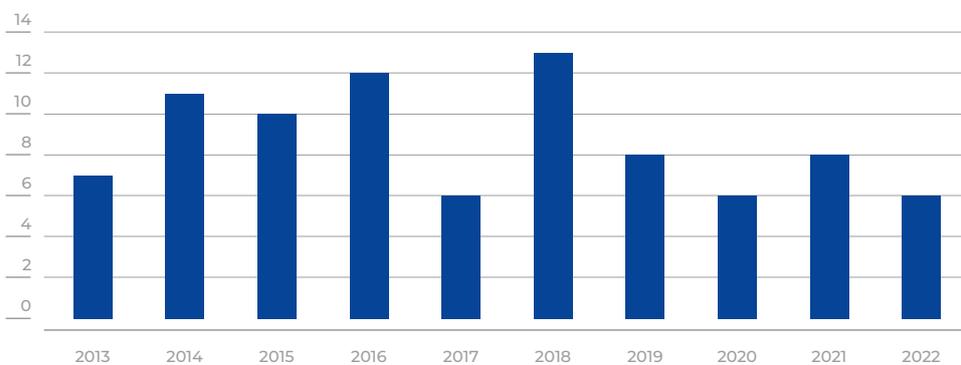
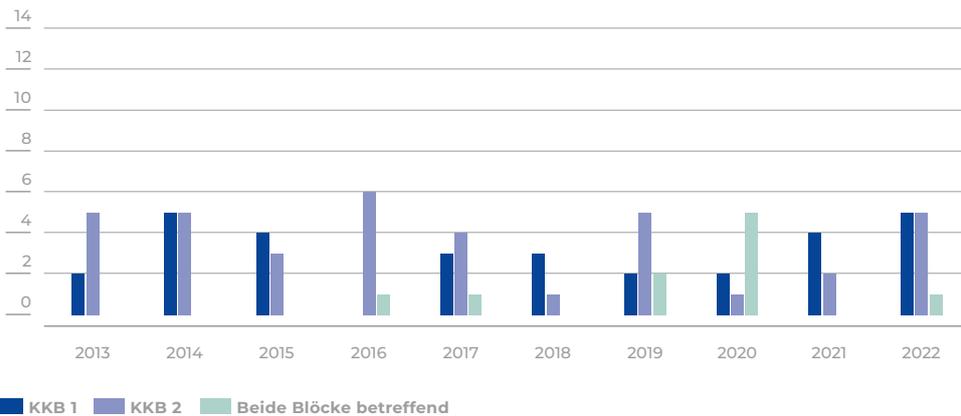
KKB 2

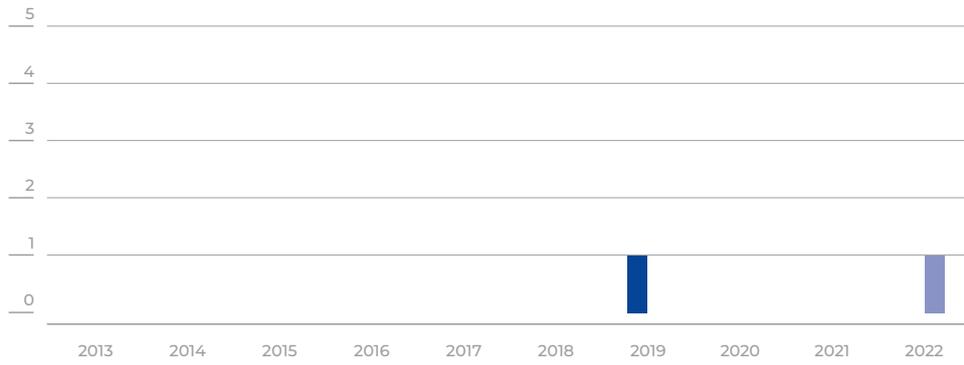


KKG



KKL

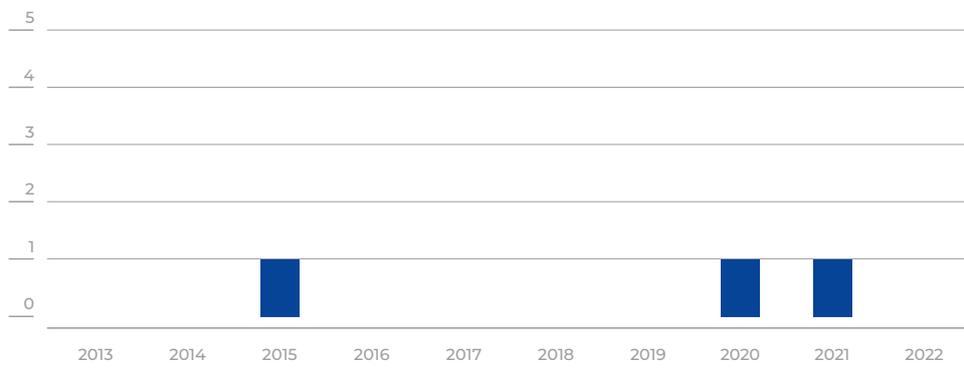




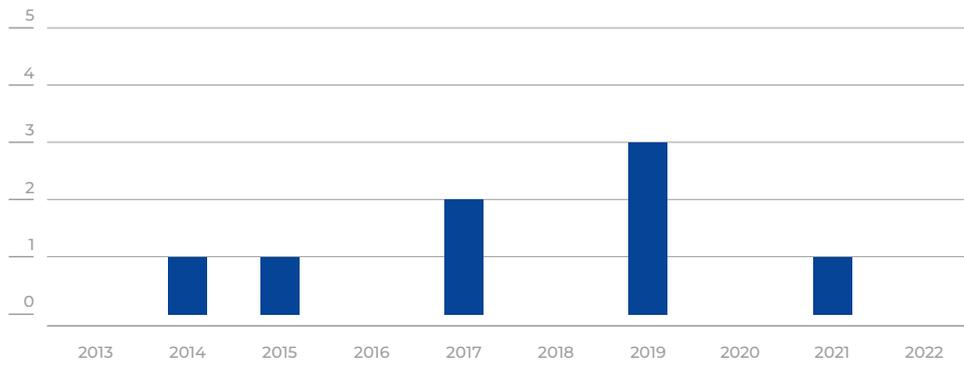
**Figur 3:
Ungeplante
Reaktorschnell-
abschaltungen
(Scrams) 2013-2022**

KKB 1+2

■ KKB 1 ■ KKB 2



KKG



KKL



**Figur 4:
Brennstabschäden
(Anzahl Stäbe)
2013–2022**

KKB 1+2



KKG

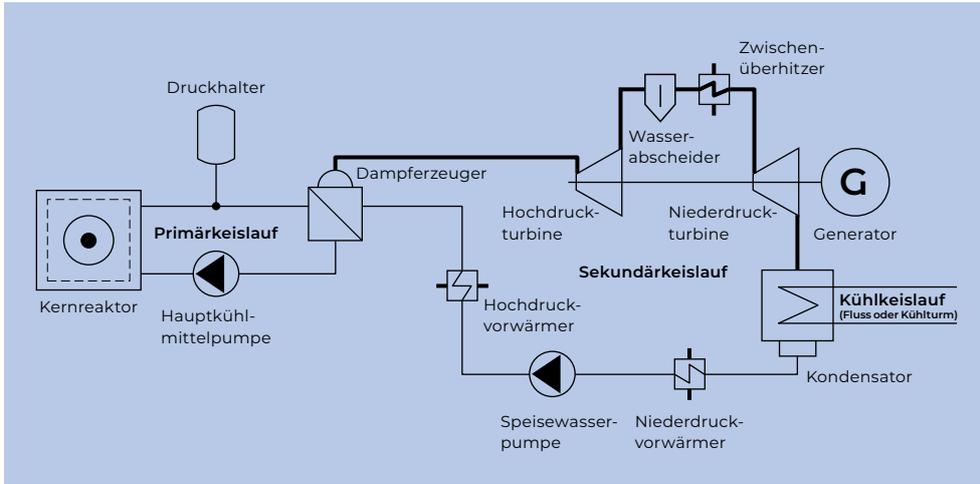


KKL

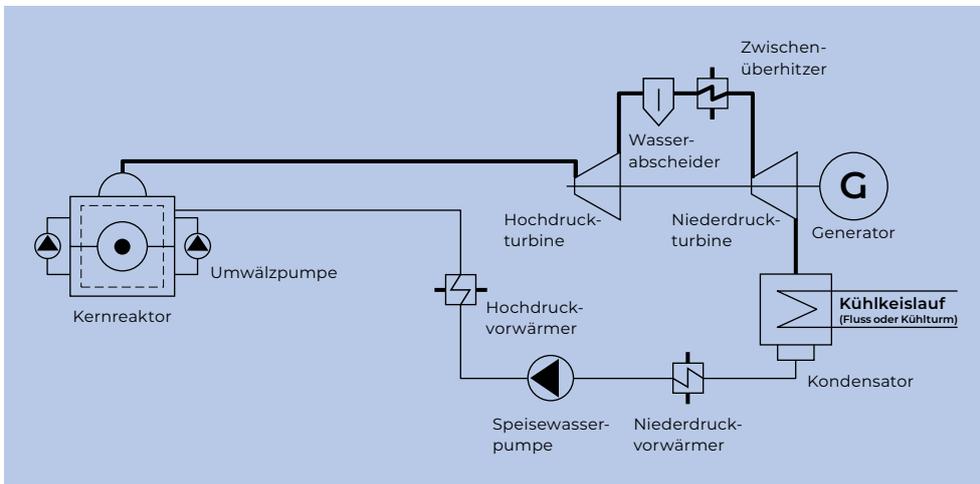
■ geringfügige Schäden ^a ■ grössere Schäden ^b

^a z. B. Haarrisse im Hüllrohr

^b z. B. grosser Riss oder Bruch des Hüllrohrs mit Brennstoffauswaschung



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 2023

ENSI-AN-11600
Web: ISSN 1661-2876
Druck: ISSN 1661-2868

ENSI
Industriestrasse 19
5201 Brugg
Schweiz

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