



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 2020

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

Aufsichtsbericht 2020

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

Rapport de Surveillance 2020

sur la sécurité nucléaire dans les installations nucléaires en Suisse

Regulatory Oversight Report 2020

concerning nuclear safety in Swiss nuclear installations

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Préface	6
Foreword	7
Zusammenfassung und Übersicht	9
Résumé et aperçu	12
Summary and Overview	15
1. Kernkraftwerk Beznau	19
1.1 Überblick	19
1.2 Betriebsgeschehen	20
1.3 Anlagentechnik	26
1.4 Strahlenschutz	27
1.5 Radioaktive Abfälle	28
1.6 Notfallbereitschaft	29
1.7 Personal und Organisation	29
1.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	30
1.9 Sicherheitsbewertung	30
2. Kernkraftwerk Gösgen	33
2.1 Überblick	33
2.2 Betriebsgeschehen	34
2.3 Anlagentechnik	38
2.4 Strahlenschutz	40
2.5 Radioaktive Abfälle	41
2.6 Notfallbereitschaft	42
2.7 Personal und Organisation	43
2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	43
2.9 Sicherheitsbewertung	43
3. Kernkraftwerk Leibstadt	45
3.1 Überblick	45
3.2 Betriebsgeschehen	46
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	56
4.3 Anlageänderungen	59
4.4 Brennelemente	59
4.5 Strahlenschutz	60
4.6 Radioaktive Abfälle	61
4.7 Notfallbereitschaft	61
4.8 Personal und Organisation	62

5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen	63
5.1 Zwischenlagergebäude	63
5.2 Konditionierungsanlage	64
5.3 Plasma-Anlage	64
5.4 Strahlenschutz	65
5.5 Notfallbereitschaft	65
5.6 Personal und Organisation	66
5.7 Vorkommnisse	66
5.8 Gesamtbeurteilung	66
6. Paul Scherrer Institut	67
6.1 Hotlabor	67
6.2 Kernanlagen in der Stilllegung	68
6.3 Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle	70
6.4 Strahlenschutz	72
6.5 Notfallbereitschaft	72
6.6 Personal und Organisation	73
6.7 Vorkommnisse	73
6.8 Schule für Strahlenschutz am PSI-Bildungszentrum	74
6.9 Reaktorschule am PSI-Bildungszentrum	74
7. Weitere Kernanlagen	75
7.1 École Polytechnique Fédérale de Lausanne	75
7.2 Universität Basel	76
8. Transporte und Behälter	77
8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	77
8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	77
8.3 Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung	78
8.4 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	79
8.5 Inspektionen und Audits	80
9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle	81
9.1 Einleitung	81
9.2 Sachplan geologische Tiefenlager	82
9.3 Sondierbohrungen für die Etappe 3	84
9.4 Neuausgabe der Richtlinie ENSI-G03	84
9.5 Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung	85
9.6 Felslaboratorien	86
9.7 Internationaler Wissenstransfer	87
10. Anlagenübergreifende Themen	89
10.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen	89
10.2 Risikotechnische Beurteilung der Betriebserfahrung	89
10.3 ADAM-System	90
Anhang	91

Vorwort



Die Betreiber der Kernanlagen reagierten früh mit strengen Vorkehrungen auf die Covid-19-Pandemie. Sie waren gut vorbereitet und verfügten aufgrund der Erkenntnisse aus der Schweinegrippe-Pandemie von 2009/2010 bereits lange vor dem Auftreten des Coronavirus über umfassende Massnahmenpläne. So gelang es, den vorgesehenen Personalbestand sicherzustellen und den Betrieb der Anlagen auch in dieser ausserordentlichen Situation aufrechtzuerhalten. Die Betreiberinnen der Kernkraftwerke (KKW) Beznau, Gösgen und Leibstadt passten situationsbedingt die Planung für die Jahreshauptrevisionen an und fokussierten sich auf sicherheitstechnisch relevante Revisionsarbeiten. Ihr Umfang wurde vom ENSI genehmigt und entsprach in allen Fällen den gesetzlichen Vorgaben. Der Betrieb der Kernanlagen erfüllte im Berichtsjahr die Anforderungen an die nukleare Sicherheit und Sicherung. Die Zahl der Vorkommnisse lag im Berichtsjahr bei 29 (Vorjahr: 30). Zwei Vorkommnisse betrafen den Block 1 des KKW Beznau, eines

den Block 2 und fünf Vorkommnisse betrafen beide Blöcke. Das KKW Gösgen zählte sechs, das KKW Leibstadt drei und das KKW Mühleberg vier meldepflichtige Vorkommnisse. Im Paul Scherrer Institut kam es zu drei, im Zentralen Zwischenlager ebenfalls zu drei und an der EPFL zu zwei meldepflichtigen Vorkommnissen. Am im Jahr 2015 ausser Betrieb genommenen Forschungsreaktor der Universität Basel ereignete sich im Berichtsjahr kein Vorkommnis. Die Vorkommnisse wurden bis auf eines im KKW Beznau der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet. Ereignisse der Stufe 0 haben keine sicherheitstechnische Bedeutung. Eine Montageabweichung bei den Schwingungsdämpfern der Notstanddiesel im KKW Beznau führte zu einer INES-1-Bewertung (siehe Unterkapitel 1.2).

Seit dem 15. September 2020 gilt das KKW Mühleberg als endgültig ausser Betrieb genommen und befindet sich somit in der ersten Phase der Stilllegung, die wir im Juni nach eingehender Prü-

fung freigegeben hatten. Damit ist ein weiterer Meilenstein auf dem Weg zum kompletten Rückbau des Kernkraftwerks erreicht. Die erste Stilllegungsphase wird voraussichtlich im Jahr 2024 abgeschlossen sein, die dritte und letzte im Jahr 2031.

Um die Abfälle der Kernanlagen langfristig sicher zu verwahren, läuft seit 2008 das Standortauswahlverfahren für geologische Tiefenlager. In der aktuellen Etappe 3 werden drei Standorte weiter untersucht: Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost. Nach den 3D-seismischen Messungen in den Jahren 2015 bis 2017 führte die Nagra von 2018 bis Ende 2020 in den Standortgebieten Bohrungen durch. Wir begleiteten diese Bohrungen im Berichtsjahr mit Freigaben, Audits und Inspektionen auf den Bohrplätzen.

Mit der geologischen Tiefenlagerung sind radioaktive Abfälle so zu entsorgen, dass der Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung dauerhaft gewährleistet ist. Dieses Schutzziel und die dazugehörigen Schutzkriterien sind in der überarbeiteten Richtlinie ENSI-G03, «Geologische Tiefenlager», definiert, die wir auf Januar 2021 in Kraft setzten.

Die nukleare Sicherheit und Sicherung stehen im Zentrum der Arbeit unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Ihr Fachwissen und ihr Engagement beeindruckt mich sehr. Ich danke allen Kolleginnen und Kollegen für ihren Einsatz im Jahr 2020. Auch trotz der erschwerten Arbeitsbedingungen während der Covid-19-Pandemie konnten wir unsere Arbeiten planmässig voranbringen und uns davon überzeugen, dass der Betrieb der Kernanlagen die gesetzlichen Vorgaben erfüllte.

Dr. Marc Kenzelmann
Direktor
Juni 2021

Préface

Les exploitants des installations nucléaires ont réagi à la pandémie de Covid-19 en prenant tôt des précautions strictes. Ils étaient bien préparés et disposaient de larges plans d'action déjà bien avant l'apparition du coronavirus, grâce aux leçons tirées de la pandémie de grippe porcine de 2009/2010. Il a ainsi été possible d'assurer les effectifs de personnels prévus et de maintenir l'exploitation des centrales aussi dans cette situation extraordinaire. Les exploitants des centrales nucléaires de Beznau, Gösgen et Leibstadt ont adapté leur planification des révisions principales annuelles en fonction de la situation et se sont concentrés sur les travaux de révision importants du point de vue de la sécurité technique. Leur étendue a été approuvée par l'IFSN et a correspondu dans tous les cas aux exigences légales.

L'exploitation des installations nucléaires a satisfait durant l'année sous revue aux exigences en matière de sécurité et de sûreté nucléaire. Le nombre d'évènements durant l'année sous revue s'est monté à 29 (année précédente: 30). Deux évènements ont concerné la tranche 1 de la centrale nucléaire de Beznau, un la tranche 2 et cinq les deux unités. La centrale nucléaire de Gösgen a enregistré six évènements devant être notifiés, la centrale de Leibstadt trois et celle de Mühleberg quatre. Trois évènements devant être notifiés ont eu lieu à l'Institut Paul Scherrer, trois au dépôt de stockage intermédiaire Zwiilag et deux à l'EPFL. Aucun évènement n'est survenu au cours de l'année sous revue au réacteur de recherche de l'Université de Bâle, qui a été mis hors service en 2015. À l'exception d'un évènement survenu à la centrale nucléaire de Beznau, tous les évènements ont été classés au niveau 0 sur l'Echelle internationale des évènements INES. Les évènements de niveau 0 n'ont aucune signification du point de vue de la sécurité. Le non-respect de prescriptions de montage dans les supports de moteur de générateurs diesels de secours de la centrale nucléaire de Beznau ont conduit à une évaluation INES 1 (voir sous-chapitre 1.2).

Depuis le 15 septembre 2020, la centrale nucléaire de Mühleberg est considérée comme ayant été définitivement mise hors service et se trouve dès lors

dans la première phase de désaffectation, que nous avons permise en juin après un examen détaillé. Avec ceci, une nouvelle étape sur la voie du démantèlement complet de la centrale nucléaire est atteinte. La première phase de désaffectation devrait être achevée en 2024, et la troisième et dernière phase en 2031.

Afin d'assurer le stockage sûr à long terme des déchets provenant des installations nucléaires, la procédure de sélection de sites pour les dépôts en couches géologiques profondes est en cours depuis 2008. Dans la phase 3 actuelle, trois domaines d'implantation font l'objet d'une étude plus approfondie: Jura-est, Nord des Lägern et Zurich nord-est. Après les mesures sismiques 3D de 2015 à 2017, la Nagra a réalisé des forages dans les domaines d'implantation de 2018 à fin 2020. Au cours de l'année sous revue, nous avons accompagné ces forages avec des permis, des audits et des inspections sur les places de forage.

Avec le stockage en couches géologiques profondes, les déchets radioactifs doivent être gérés de manière à garantir durablement la protection de l'être humain et de l'environnement contre les rayonnements ionisants. Cet objectif de protection et les critères de protection associés sont définis dans la directive révisée ENSI-G03, «Dépôts en couches géologiques profondes», que nous avons fait entrer en vigueur en janvier 2021.

La sécurité et la sûreté nucléaires sont au cœur du travail de nos collaboratrices et collaborateurs. Leur expertise et leur engagement m'impressionnent beaucoup. Je tiens à remercier tous mes collègues pour leur engagement en 2020. Malgré les conditions de travail difficiles lors de la pandémie de Covid-19, nous avons pu progresser dans nos travaux conformément à la planification et nous assurer que l'exploitation des installations nucléaires répondait aux exigences légales.

Dr. Marc Kenzelmann
Directeur
Juin 2021

Foreword

Operators of nuclear installations reacted quickly with stringent precautions to the Covid-19 pandemic. Drawing on lessons learned from the 2009/2010 swine flu pandemic, they were well prepared and had comprehensive action plans in place long before the emergence of the coronavirus. As a result, they were able to safeguard the planned number of staff and maintain operation of installations even in this extraordinary situation. Under the circumstances, the operators of the Beznau, Gösgen and Leibstadt nuclear power plants (NPPs) revised plans for their main annual overhauls and focussed on safety-relevant maintenance work. The scope of these was approved by ENSI and complied with the legal requirements in all cases.

Operation of the Swiss nuclear installations satisfied the requirements for nuclear safety and security during the year under review. The number of events in the year under review was 29 (previous year: 30). Beznau 1 had two events, Beznau 2 had one event and five events affected both units. Gösgen NPP recorded six reportable events, Leibstadt NPP three and Mühleberg NPP four. Three reportable events occurred at the Paul Scherrer Institute, three also at the centralised interim storage facility and two at the EPFL. No events were recorded during the year under review for the research reactor at the University of Basel that was decommissioned in 2015. With the exception of one event at the Beznau NPP, the events were rated at Level 0 on the International Nuclear and Radiological Event Scale (INES). Level 0 events have no safety significance. An installation deviation in the vibration dampers of the emergency diesel generator at the Beznau NPP resulted in an INES 1 assessment (see subsection 1.2).

The Mühleberg NPP has been completely shut down since 15 September 2020 and is therefore in the first phase of decommissioning which we approved following a detailed review. This marks a further milestone on the path to completely dismantling the nuclear power plant. The first decommissioning phase is expected to be completed in 2024, the third and final phase in 2031.

The site selection procedure for deep geological repositories has been ongoing since 2008 in order to ensure long-term safe storage of waste from the nuclear installations. Three sites are continuing to be investigated in the current phase 3 of the procedure: Jura East, North of Lägern and Zurich North-East. Following the 3D seismic measurements between 2015 and 2017, Nagra carried out drilling in the site areas from 2018 until the end of 2020. We accompanied these drilling activities during the year under review with approvals, audits and inspections at the drilling sites.

Deep geological disposal of radioactive waste has to ensure the long-term protection of people and the environment from the effects of ionising radiation. This protection objective and the associated protection criteria are defined in the revised Guideline ENSI-G03, «Deep geological repositories», put into force in January 2021.

Nuclear safety and security are at the heart of the work of all our staff. I am most impressed by their expertise and commitment. I would like to thank all my colleagues for their work in 2020. Despite the difficult working conditions during the Covid-19 pandemic, we were able to advance our work as planned and to satisfy ourselves that the operation of the nuclear installations complied with statutory requirements.

Dr. Marc Kenzelmann
Director General
June 2021

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 endgültige Ausserbetriebnahme sowie den Beginn der ersten Stilllegungsphase des Kernkraftwerks Mühleberg, die Zwischenlager bei den Kraftwerken, das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen sowie die Kernanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI), der Universität Basel und der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Mit Inspektionen, Aufsichtsgesprächen, Prüfungen, Messungen, Analysen und der Berichterstattung der Anlagebetreiber verschafft sich das ENSI den notwendigen Überblick über die nukleare Sicherheit 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 in seinen Aufsichtsbereich. Das ENSI unterhält eine eigene Notfallorganisation, die Bestandteil einer landesweiten Notfallorganisation ist. Im Falle eines schweren Störfalls in einer schweizerischen Kernanlage käme sie zum Einsatz.

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 Website des ENSI, www.ensi.ch, unter der Rubrik Dokumente/Richtlinien verfügbar.

Berichterstattung

Das ENSI berichtet periodisch über seine Aufsichtstätigkeit und die nukleare Sicherheit der schweizerischen Kernanlagen. Es informiert die Öffentlichkeit über Ereignisse und Befunde in den Kernanlagen, zum Beispiel im Rahmen von öffentlichen Veranstaltungen und Fachvorträgen sowie auf seiner Website www.ensi.ch. Der vorliegende Aufsichtsbericht des ENSI ist Teil seiner periodischen Berichterstattung. Daneben publiziert das ENSI jährlich einen Strahlenschutzbericht sowie einen Erfahrungs- und Forschungsbericht. Die Originalsprache der Berichte ist Deutsch. Die Zusammenfassungen werden auf Französisch und Englisch übersetzt. Das ENSI publiziert seine Berichte auch auf seiner Website.

Inhalt des vorliegenden Berichts

Das ENSI berichtet in den Kapiteln 1, 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 das Betriebsgeschehen, die endgültige Ausserbetriebnahme sowie den Beginn der ersten 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, dem Forschungsreaktor der EPFL und dem ausser Betrieb genommenen Forschungsreaktor der Universität Basel. Im Kapitel 8 wird über die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den schweizerischen Kernanlagen berichtet. Das Kapitel 9 nimmt sich der geologischen Tiefenlagerung ra-

radioaktiver Abfälle inklusive der Arbeiten im Rahmen des Sachplans an. Im Kapitel 10 werden anlagenübergreifende Aspekte wie zum Beispiel probabilistische Sicherheitsanalysen beschrieben. Im Anhang finden sich Tabellen und Figuren.

Kernkraftwerke

Der Betrieb der fünf Kernkraftwerke (KKW) in der Schweiz war im vergangenen Jahr sicher. Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Betreiberinnen 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 je nach Anlage gut oder ausreichend. In den Kernkraftwerken kam es im Jahr 2020 zu 29 meldepflichtigen Vorkommnissen: zwei Vorkommnisse betrafen den Block 1, ein Vorkommnis den Block 2 und fünf Vorkommnisse beide Blöcke des KKW Beznau. Vier Vorkommnisse betrafen das KKW Mühleberg, sechs das KKW Gösgen und drei das KKW Leibstadt. Eine Montageabweichung bei den Schwingungsdämpfern der Notstanddiesel im KKW Beznau führten zu einer INES-1-Bewertung auf der internationalen Ereignisskala der IAEA. Die übrigen Vorkommnisse wurden als INES 0 ein gestuft. Das ENSI bewertet die Sicherheit der in Betrieb stehenden Kernkraftwerke 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 2020 befanden sich in der Behälterlagerhalle 68 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 Versuchsatomkraftwerk Lucens. Im Jahr 2020 wurde eine Kampagne zur Verbrennung und Einschmelzung von radioaktiven Abfällen durchgeführt. Bei der Zwiilag verzeichnete das ENSI im Berichtsjahr drei

meldepflichtige Vorkommnisse. 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 2020 drei meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Zwei Vorkommnisse betrafen den Forschungsreaktor der EPFL. Der Forschungsreaktor der Universität Basel ist seit Ende 2019 komplett zurückgebaut. Das ENSI kommt zum Schluss, dass sowohl die Kernanlagen des PSI als auch der Forschungsreaktor der EPFL die bewilligten Betriebsbedingungen eingehalten haben. Die Infrastruktur der Anlage des Forschungsreaktors der Universität Basel wurde regulär unterhalten.

Abgaben radioaktiver Stoffe

Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt via Abwasser und Abluft der Kernkraftwerke, des Zentralen Zwischenlagers in Würenlingen, der Kernanlagen am PSI sowie in Basel und 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 2020 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 Standortauswahlverfahren (Sachplan geologische Tiefenlager) für die Lagerung radioaktiver Abfälle, das durch das Bundesamt für Energie geleitet wird. Das ENSI trägt dabei die Gesamtverantwortung 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. Zudem muss die Nagra in der Etappe 3 die Vor- und Nachteile eines Kombilagers im Vergleich zu zwei Lagern in separaten Standortgebieten darlegen. 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 mise hors service définitive ainsi que le début de la première phase de 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), de l'Université de Bâle 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 exploitants des installations permettent à l'IFSN d'acquiescer la vue d'ensemble nécessaire sur la sécurité 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 bases légales, l'IFSN élabore et met à jour des propres directives. Elle y formule les critères d'après les-

quels 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, www.ensi.ch, en cliquant sur l'onglet «Dokumente» (Documents), puis «Richtlinien» (Directives), et finalement «Richtlinien in Kraft» (Directives en vigueur).

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 événements et constats dans les installations nucléaires, par exemple dans le cadre de réunions publiques, d'exposés spécialisés, ou à travers son site Internet www.ifs.n.ch. 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, de Gösgen et de Leibstadt. Dans le chapitre 4, l'IFSN décrit le déroulement de l'exploitation, la mise hors service définitive, ainsi que le début de 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, et au réacteur de recherche mis hors service à l'Université de Bâle. Le chapitre 8 traite des transports de substances radioactives en provenance et à destination des installations nucléaires suisses. Le chapitre 9 thématise le stockage en couches géologiques profondes des déchets radioactifs, ainsi que les travaux relatifs au plan sectoriel. Enfin, le chapitre 10 aborde d'autres aspects communs aux installations, notamment les études probabilistes de sécurité. Les tableaux et les graphiques en annexe complètent ce rapport.

Centrales nucléaires

L'exploitation des cinq centrales nucléaires en Suisse s'est déroulée de manière sûre l'année sous revue. L'IFSN arrive à la conclusion que les sociétés exploitantes ont respecté les conditions d'exploitation soumises à autorisation. Elles sont observées 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 lors de l'année sous revue était bon ou suffisant selon l'installation. En 2020, les centrales nucléaires ont connu 29 événements soumis à obligation de notification. Deux événements ont concerné la tranche 1, un événement la tranche 2, et cinq événements la tranche 1 et 2 de la centrale nucléaire de Beznau. Quatre événements ont concerné la centrale nucléaire de Mühleberg, six la centrale de Gösgen et trois la centrale de Leibstadt. Le non-respect de prescriptions de montage dans les supports de montage de générateurs diesels de secours ont conduit à la centrale nucléaire de Beznau à une évaluation INES 1 sur l'Échelle internationale de l'IAEA. Tous les autres événements ont été classés INES 0. L'IFSN évalue la sécurité de chaque centrale nucléaire 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'entre-

posage intermédiaire, l'installation de conditionnement et l'installation plasma (station d'incinération et de fusion). Fin 2020, la halle des conteneurs abritait 68 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 2020, une campagne d'incinération et de fusion de déchets radioactifs a eu lieu. Lors de l'exercice sous revue, l'IFSN a recensé au Zwilag trois événements soumis au devoir de notification. L'IFSN en conclut que le Zwilag a respecté en 2020 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. Trois événements soumis à une obligation de notification ont été recensés dans les installations nucléaires du PSI en 2020. Deux événements ont concerné le réacteur de recherche de l'EPFL. Le réacteur de recherche de l'Université de Bâle est complètement démantelé depuis la fin 2019. L'IFSN conclut qu'aussi bien les installations nucléaires du PSI que le réacteur de recherche de l'EPFL ont respecté les conditions d'exploitations autorisées. L'infrastructure de l'installation du réacteur de recherche de l'Université de Bâle a fait l'objet d'un entretien régulier.

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 Bâle et à Lausanne, ont enregistré des valeurs nettement inférieures aux limites fixées dans les autorisations. Il en a résulté, également pour les personnes vivant

au voisinage immédiat d'une installation, une dose maximale calculée de moins d'un pourcent de l'exposition annuelle naturelle moyenne aux radiations en Suisse.

Transport de substances radioactives

Tous les transports d'éléments radioactifs en provenance, ou en direction, des installations nucléaires de la Suisse se sont passés sans accident en 2020. 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 de sélection de sites d'implantation (plan sectoriel «dépôts en couches géologiques profondes») est conduite depuis 2008 par l'Office fédéral de l'énergie. L'IFSN porte la responsabilité générale à propos de l'évaluation de la sécurité technique des domaines d'implantation géologiques. L'étape 2 a été lancée en 2011 et a visé à la réduction à au moins deux domaines d'implantation de dépôt 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 de poursuivre l'étude des trois domaines d'implantation Jura-est, Zurich nord-est et Nord des Lägern. La Nagra doit en outre examiner et exposer au cours de cette étape 3 les avantages et les inconvénients d'un dépôt combiné en comparaison avec deux dépôts situés dans des domaines d'implantation distincts. L'IFSN, ainsi que des 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 de l'entreposage en couches géologiques profondes. Une grande partie d'entre elles ont été réalisées 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 installations 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 of Zwiilag in Würenlingen together with the nuclear installations at the Paul Scherrer Institute (PSI), the University of Basel 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 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 Radiation Protection Act, the Radiation 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 installations. The applicable guidelines are available on the ENSI website, www.ensi.ch, under the heading Documents/Guidelines.

Reporting

ENSI reports periodically on its oversight activities and the nuclear safety of Swiss nuclear installations. It keeps the public informed about events and findings in the nuclear installations, for example within the framework of public meetings and specialist talks, as well as via its website: www.ensi.ch. 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 experience, 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 operational experience and the beginning of the first phase of 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 (Zwiilag) at Würenlingen. Chapters 6 and 7 are devoted to the nuclear facilities of the PSI, the research reactor of the EPFL and the decommissioned research reactor of the University of Basel. 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. The Appendix contains tables and figures.

Nuclear power plants

All five nuclear power plants (NPP) in Switzerland operated safely during the past year, and ENSI concluded that each had adhered to its approved operating conditions. Operators complied with their statutory obligations to provide ENSI with reports. Nuclear safety at all plants in operation was rated as good or satisfactory depending on the plant. In 2020, there were 29 reportable events at the nuclear power plants: Beznau 1 had two events, Beznau 2 had one event and five events affected both units. Mühleberg NPP was affected by four events, Gösgen NPP by six and Leibstadt NPP by three. Assembly deviations in the vibration dampers of emergency diesels at the Beznau nuclear power plant led to an INES 1 assessment on the IAEA's international event scale. The remaining events were rated as INES 0. ENSI evaluates the safety of each nuclear power plant in operation as part of a systematic safety evaluation. This reflects both reportable events and other findings, in particular the results of inspections.

Central Interim Storage Facility Würenlingen

The Central Interim Storage Facility of Zwiilag at Würenlingen consists of several interim storage buildings, a conditioning plant and a plasma plant (incineration/melting plant). At the end of 2020, the cask storage hall contained 68 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 nuclear power plant at Lucens. One campaign to incinerate and melt radioactive waste was carried out in 2020. ENSI recorded three reportable events at Zwiilag during the reporting year. ENSI concludes that Zwiilag complied with its approved operating conditions in the reporting year.

Paul Scherrer Institute and the research reactors

ENSI is also 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. Three reportable events occurred at the PSI nuclear facilities during 2020. Two events occurred at the EPFL research reactor. The research reactor at the University of Basel has been completely dismantled since the end of 2019. ENSI concluded that the nuclear facilities at PSI and the research reactor at EPFL had complied with their approved operating conditions. The infrastructure of the research reactor at the University of Basel was subject to regular maintenance.

Release of radioactive materials

During the reporting year, emissions of radioactive material into the environment via waste water and exhaust air from the nuclear power plants, the Central Interim Storage Facility in Würenlingen and the nuclear facilities at PSI, Basel 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 installations took place without any incidents or accidents during 2020. ENSI verified the correct transport of differing types of radioactive materials and waste by performing multiple inspections of the transports.

Deep geological repositories

The site selection procedure (Sectoral Plan for Deep Geological Repositories) 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 site areas. Stage 2 started in 2011 and concerned the reduction of potential site areas to at least two site 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 process and supported the assessment of ENSI. It decided that the three site areas – Jura East, Zurich North-East and North of Lägern – should be further investigated. In addition, in stage 3, Nagra must present a comparison of the advantages and disadvantages of a combined store relative to two repositories in separate site areas. In addition, ENSI and the experts it has appointed carried out a number of investigations and research work relevant for deep geological repository. 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.



Kernkraftwerk Beznau.
Foto: KKB

1. Kernkraftwerk Beznau

1.1 Überblick

In beiden Blöcken kam es neben dem Revisionsstillstand beziehungsweise Brennelementwechsel zu einem Unterbruch des Leistungsbetriebs für Nachrüstungen an den Notstanddieseln. 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 hoch, hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als ausreichend sowie hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als gut.

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

Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als gut.

Das KKB umfasst zwei weitgehend baugleiche Zwei-Loop-Druckwasserreaktor-Blöcke (KKB 1 und KKB 2), die in den Jahren 1969 und 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 zwei meldepflichtigen Vorkommnissen. Sie wurden beide der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet.

Im Block 2 kam es im Berichtsjahr zu einem meldepflichtigen Vorkommnis. Es wurde der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt.

Fünf Vorkommnisse betrafen beide Blöcke. Eines davon wurde der Stufe 1 der internationalen Er-

eignisskala INES zugeordnet, die übrigen vier der Stufe 0.

Der Revisionsstillstand im Block 1 dauerte vom 17. April bis 22. Mai 2020, der Brennelementwechsel im Block 2 vom 4. bis 17. August 2020.

Im Berichtsjahr sind in beiden Blöcken keine Brennelementschäden aufgetreten.

Das ENSI führte im Rahmen seiner Aufsicht 95 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmassnahmen und überwachte deren Umsetzung.

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

Vier Reaktoroperatoren, drei Schichtchefs und zwei Picketingenieure bestanden ihre Zulassungsprüfung.

1.2 Betriebsgeschehen

Der Block 1 erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 87 % und eine Zeitverfügbarkeit von 87,2 %. Die unproduktiven Anteile im Block 1 waren primär auf den Revisionsstillstand und die

Nachrüstung am Notstanddiesel (siehe Vorkommnis vom 7. Dezember 2020) zurückzuführen. Zusätzlich führte die hohe Aarewassertemperatur im Sommer zu Produktionsausfällen.

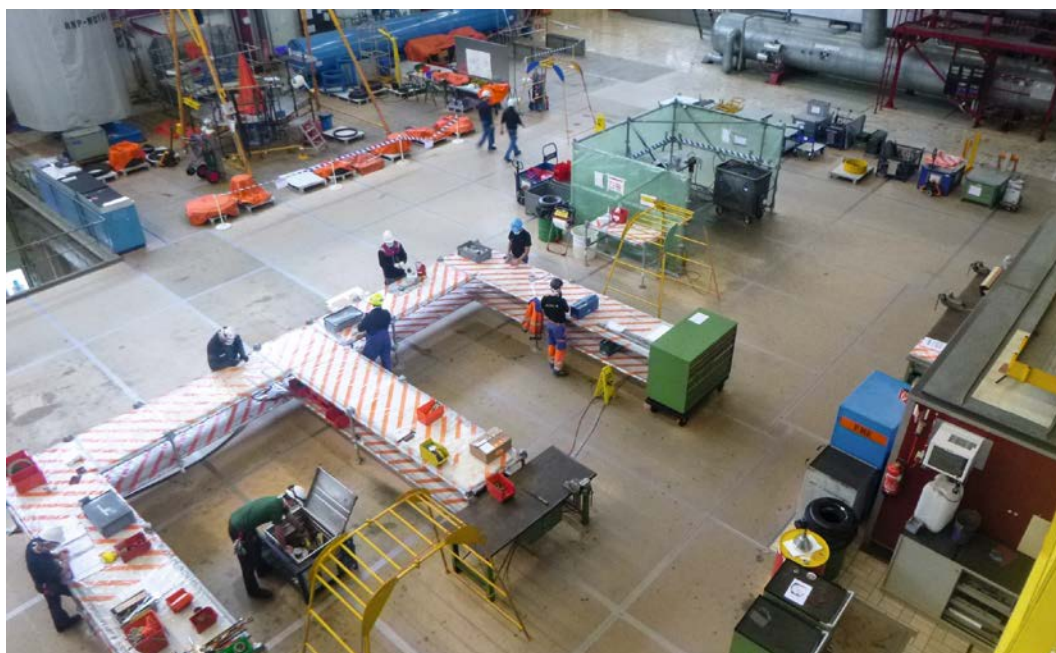
Der Block 2 erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 92,3 % und eine Zeitverfügbarkeit von 93,1 %. Die unproduktiven Anteile im Block 2 waren hauptsächlich auf den Brennelementwechsel und die Nachrüstung am Notstanddiesel (siehe Vorkommnis vom 7. Dezember 2020) zurückzuführen. Auch im Block 2 führte die hohe Aarewassertemperatur im Sommer zu nennenswerten Produktionsausfällen.

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 151,9 GWh.

Aufgrund der im Vorjahr durch das Bundesamt für Energie (BFE) verschärften Bedingungen für das Einleiten von Kühlwasser in die Aare musste das KKB die Reaktorleistung beider Blöcke im Sommer 2020 mehrfach um bis zu 57 % vermindern. Zur Durchführung von Funktionsprüfungen und auf Anforderung des Lastverteilers erfolgten weitere kurzzeitige Leistungsreduktionen. Für eine Reparatur im nicht nuklearen Teil der Anlage verminderte das KKB die Leistung im Block 2 vorübergehend um 50 % (siehe Vorkommnis vom 3. März 2020).

Infolge der Covid-19-Pandemie traf das KKB umfassende Schutzmassnahmen, insbesondere für den Revisionsstillstand im Block 1, dessen Beginn in den Zeitraum der verschärften bundesrätlichen Vorgaben fiel. Dadurch war ein ausreichender Per-

Maschinenhalle:
Arbeiten während
der Revision mit
Covid-19-Schutz.
Foto: KKB



sonalbestand zur Erfüllung aller sicherheitsrelevanten Aufgaben jederzeit gewährleistet.

Im Block 1 kam es im Berichtsjahr zu zwei meldepflichtigen Vorkommnissen, die das ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zuordnete.

■ Am 21. April 2020 bereitete das KKB den Brennelementwechsel vor. Dazu wurden die Reaktorgrube und das Transferbecken mit Borwasser aus dem Borwasservorrattank (BOTA) gefüllt, um anschliessend die Brennelemente unter Wasser ins Brennelementbecken zu verschieben. Eine Niveaumessung mit Anzeige im Kommandoraum dient der Kontrolle der Befüllung der Reaktorgrube. Mittels einer Kamera im Containment erfolgt eine grobe Plausibilitätsbetrachtung. In der Schlussphase beobachtete ein Operateur das Niveau vor Ort. Etwa um 22:15 Uhr zeigte die Niveaumessung 9,8 m an, 80 cm unter dem Überlauf der Reaktorgrube. Die Schichtmannschaft beurteilte das Kamerabild als mit der Anzeige der Niveaumessung kompatibel. Etwa um 22:20 Uhr erhielt ein Operateur aufgrund des angezeigten Niveaus den Auftrag, das Niveau vor Ort zu überwachen. Um 22:26 Uhr unterschritt das Niveau im BOTA den beim Brennelementwechsel massgeblichen unteren Grenzwert gemäss Technischer Spezifikation von 1,2 m. Gleichzeitig stellte die Betriebsmannschaft einen raschen Niveaustieg im Containmentsumpf fest. Sie stoppte die Zufuhr von Borwasser aus dem BOTA in die Reaktorgrube umgehend. Die Niveaumessung der Reaktorgrube zeigte 9,99 m an, gut 60 cm unter dem Überlauf. Etwa um 22:30 Uhr zeigten die direkten Beobachtungen im Containment, dass das Niveau in der Reaktorgrube den Überlauf erreicht hatte und Borwasser in den Containmentsumpf gelangt war. Ursache für die fehlerhafte Niveaueanzeige war Luft im Messbein der Niveaumessung. Nach der Entlüftung funktionierte die Messung wieder normal. Nach dem Abpumpen des Borwassers aus dem Sumpf erfolgten die notwendigen Reinigungen unter Aufsicht des Strahlenschutzes. Durch Zufuhr von Borwasser aus dem BOTA des KKB 2 erreichte der Füllstand im BOTA des KKB 1 nach rund drei Stunden und damit innerhalb der massgeblichen Frist von 24 Stunden wieder den Mindestwert gemäss Technischer Spezifikation. Die Vorgabe der Technischen Spezifikation für die Wassermenge im BOTA des sich im Leistungsbetrieb befindlichen Blocks 2 war dabei jederzeit erfüllt. Das KKB hat zur Ver-

hinderung vergleichbarer Vorkommnisse eine Reihe von Massnahmen getroffen. Insbesondere muss die Niveaumessung vor dem Füllen der Reaktorgrube immer entlüftet werden und die Niveauüberwachung vor Ort beginnt künftig bereits in einer früheren Phase des Füllens. Weiter lösen eine Überfüllung der Reaktorgrube und eine Unterschreitung des Grenzwertes der Technischen Spezifikation für den Füllstand im BOTA neu während des Brennelementwechsels einen entsprechenden Alarm im Kommandoraum aus. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das vorübergehend zu tiefe Niveau im BOTA der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie für die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität» und «Kühlung der Brennelemente».

■ Jeder Block des KKB verfügt über drei Ladepumpen, die gereinigtes Primärkühlmittel wieder in den Primärkreislauf einspeisen und die Reaktorhauptpumpen mit Sperrwasser versorgen. Im Notfall können sie konzentrierte Borsäurelösung fördern, um die Unterkritikalität des Reaktors sicherzustellen. Die Technische Spezifikation verlangt im Leistungsbetrieb die Betriebsbereitschaft von zwei der drei Pumpen. Die Pumpen sind auf einem Grundrahmen montiert, der durch sechs Verankerungsschrauben mit der Gebäudestruktur verbunden ist. Bei Wartungsarbeiten an einer Ladepumpe zeigte sich am 3. Dezember 2020 im Block 1, dass eine Verankerungsschraube gebrochen war. Das KKB kontrollierte umgehend sämtliche Verankerungsschrauben aller Ladepumpen beider Blöcke. Dabei zeigten sich keine weiteren Schäden. Die Ursachenabklärung zeigte einen durch die Schwingungen im Betrieb verursachten Bruch, der durch die geometrischen Gegebenheiten begünstigt worden war. Da die Oberfläche des Grundrahmens nicht genau senkrecht zur Verankerungsschraube verläuft, befindet sich zwischen dem Grundrahmen und der auf die Schraube aufgesetzten Befestigungsmutter eine keilförmige Unterlagscheibe. Bei der Montage muss diese Unterlagscheibe so positioniert werden, dass sie bündig auf dem Grundrahmen und der Mutter aufliegt. Bei der gebrochenen Schraube war die Unterlagscheibe gegenüber der Sollposition um 20 Grad verdreht positioniert worden. Das führte nach dem Anziehen der Mutter zu einer Biegebelastung der Schraube. Die

Kontrolle der anderen Verankerungsschrauben zeigte zwei weitere verdrehte Unterlagscheiben, deren Lage korrigiert wurde. Nach der Freigabe durch das ENSI ersetzte das KKB die Verankerung mit der gebrochenen Schraube. Die rechnerische Analyse des KKB zeigte, dass die Betriebsbereitschaft der betroffenen Pumpe auch mit der gebrochenen Schraube gewährleistet war. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die gebrochene Verankerungsschraube der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 bis 4 sowie für die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität», «Kühlung der Brennelemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe».

Im Block 2 kam es zu einem meldepflichtigen Vorkommnis, das das ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zuordnete.

- Am 3. März 2020 zeigte sich im nicht nuklearen Teil der Anlage an einer Entleerungsleitung der Hauptspeisewasserleitung einer der beiden Turbogruppen eine Tropfleckage. Eine provisorische Abdichtung bis zum nächsten Revisionsstillstand konnte am 5. März 2020 aus Gründen der Arbeitssicherheit nicht wie anfänglich vorgesehen bei laufender Turbogruppe montiert werden. Daher erfolgte eine provisorische Reparatur bei abgeschalteter Turbogruppe. Für deren Ausserbetriebnahme reduzierte das KKB die thermische Reaktorleistung im Block 2 ausserplanmässig um 50 %. Die zweite Turbogruppe blieb normal in Betrieb. Am 6. März 2020 erreichte die Anlage wieder die volle Leistung. Während des Brennelementwechsels ersetzte das KKB die betroffene Leitung. Eine externe Analyse der beschädigten Leitung und Schwingungsmessungen des KKB ergaben, dass die im Betrieb aufgetretenen Schwingungen zum Versagen der mit Eigenspannungen im Bereich der Wärmeeinflusszone belasteten Schweissnaht geführt hatten. Eine Prüfung der entsprechenden Leitungen an der zweiten Turbogruppe im Block 2 sowie an beiden Turbogruppen im Block 1 zeigte keine Risse. Aufgrund des Vorkommnisses zusätzlich montierte Halterungen an beiden Leitungen im Block 2 reduzieren die Schwingungen. Im Block 1 hatte das KKB bereits während des Revisionsstillstandes 2020 präventiv Verstärkungen im Bereich der potenziell gefährdeten Schweissnähte montiert, noch bevor die Ursache des Vorkommnisses analysiert war. Das

ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage, die eine unvorhergesehene Reduktion der Reaktorleistung erforderlich machte, 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».

Fünf Vorkommnisse betrafen beide Blöcke. Das ENSI ordnete eines davon der Stufe 1 der internationalen Ereignisskala INES zu, die anderen vier der Stufe 0.

- Die Versorgung der 6-kV-Schienen in den Notstandsgebäuden beider Blöcke des KKB erfolgt im Normalbetrieb über eine als Reserveschiene bezeichnete 6-kV-Schiene. Die Reserveschiene ihrerseits wird über einen Transformator durch das externe 50-kV-Netz versorgt. Bei Bedarf können weitere 6-kV-Notstromschienen über die Reserveschiene versorgt werden. Am 21. Februar 2020 führte ein Kurzschluss an einer 50-kV-Leitung ausserhalb des KKB-Areals zu einem Spannungseinbruch. Auslegungsgemäss öffneten sich die Einspeiseschalter der Reserveschienen beider Blöcke, wodurch auch die 6-kV-Schienen in den Notstandsgebäuden spannungslos wurden. Die Notstanddieselegeneratoren starteten wie vorgesehen automatisch und versorgten die 6-kV-Schienen in den Notstandsgebäuden innert zehn Sekunden. Das externe 50-kV-Netz stand nach wenigen Minuten wieder zur Verfügung. Das KKB normalisierte die Versorgung der Reserveschienen und der 6-kV-Schienen in den Notstandsgebäuden fristgerecht gemäss Technischer Spezifikation. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die temporäre Nichtverfügbarkeit des externen 50-kV-Netzes der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.
- Ein Teil der abgebrannten Brennelemente aus dem Betrieb beider Blöcke befindet sich in Transport- und Lagerbehältern im Zwischenlager auf dem Areal des KKB. Am 28. Mai 2020 zeigte sich, dass sich in einem dieser Behälter drei Brennelemente befinden, die nicht den Vorgaben für die Beladung des Behälters entsprechen. Je ein Brennstab war durch einen Ersatzstab ohne Brennstoff aus Stahl ersetzt



Brennelementbecken:
Inspektionsarbeiten
während der Revision.
Foto: KKB

worden. Ersatzstäbe kommen zum Einsatz, wenn einzelne Brennstäbe aus Brennelementen entfernt werden müssen, insbesondere bei Hüllrohrschäden. Da die Ersatzstäbe keinen Brennstoff enthalten, bedeutet ihr Einsatz eine Verminderung des Inventars an Radionukliden und eine Reduktion der Wärmeleistung verglichen mit dem ursprünglichen Zustand. Damit hat die nicht konforme Beladung des Behälters keine sicherheitstechnische Bedeutung. Dies wird durch die Tatsache belegt, dass zwar die für die Beladung des Behälters im Jahr 2014 massgebliche Lizenz keine Ersatzstäbe erlaubte, die für den Transport des Behälters relevante, von der französischen Behörde geprüfte und freigegebene Lizenz solche aber zuließ. Dementsprechend konnten die betroffenen Brennelemente im Behälter belassen werden. Die Hauptursache für die Fehlbeladung war die damals gültige Arbeitsvorschrift, die keine Überprüfung der einzulagernden Brennelemente auf Ersatzstäbe verlangte. Das KKB hat die Vorgaben entsprechend angepasst. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die fehlerhafte Beladung eines Transport- und Lagerbehälters 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 «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Die im Nachgang zum Vorkommnis im Zentralen Zwischenlager Würenlingen vom 7. Juli 2020

(siehe Unterkapitel 5.7) vom KKB durchgeführten Abklärungen zeigten am 20. Juli 2020, dass auch im KKB ein vergleichbares meldepflichtiges Vorkommnis vorlag. Die nicht berücksichtigten Änderungen im Sicherheitsbericht führten im KKB dazu, dass der Umfangswinkel der Auflagefläche eines Teils der Kranlaschen auf den Behältertragzapfen den im Sicherheitsbericht vorgegebenen Mindestwert unterschritt. Damit war die Flächenbelastung der Tragzapfen erhöht. Die Verwendung der betroffenen Kranlaschen wurde eingestellt. Vor der Wiederaufnahme hat das KKB die Auswirkungen des zu geringen Umfangswinkels der Auflagefläche der Kranlaschen umfassend zu analysieren und die Ergebnisse dem ENSI einzureichen. Des Weiteren sind die Kranlaschen neu auszulegen und die Spezifikation dem ENSI zur Freigabe einzureichen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Nichtberücksichtigung der Änderungen im Sicherheitsbericht sowie die daraus resultierenden technischen Auswirkungen der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt der Auslegungsvorgaben beziehungsweise des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Aufgrund der Erkenntnisse aus dem Ereignis in Fukushima im Jahr 2011 verbesserte das KKB das Notstand-Steuerluftsystem in beiden Blöcken. Mit drei Druckluftflaschen wird eine autarke Hilfsenergieversorgung der erdbeben-

festen Niveaumessung des Brennelementlagerbeckens und der Absperrklappe des Druckentlastungssystems im Brennelementlager im Fall eines Ausfalls des Notstand-Steuerluftsystems während zehn Stunden gewährleistet. Die Inbetriebsetzung erfolgte 2017. Am 8. September 2020 erkannte das KKB, dass die Flansche für den Anschluss der Druckluftflaschen an die Rohrleitungen dies spezifizierten Anforderungen im Bereich der Erdbebenfestigkeit nicht erfüllen. Die betroffenen Flansche wurden durch solche ersetzt, welche die Anforderungen erfüllen. Eine wesentliche Ursache für den Einsatz ungeeigneter Flanschen war die nicht korrekte Abwicklung einer Projektänderung. Ursprünglich waren Schweissverbindungen vorgesehen, an deren Stelle später Flansche eingeplant wurden. Die betroffene Niveaumessung des Brennelementlagerbeckens ist zur Beherrschung von Auslegungsstörfällen auf Sicherheitsebene 3 nicht erforderlich. Die Messwerte dienen jedoch bei auslegungsüberschreitenden Störfällen als Einstiegskriterium für die Einleitung von Massnahmen zur Kühlung der Brennelemente auf der Sicherheitsebene 4. Bei einem Ausfall der Steuerluftversorgung für die Absperrklappe des Druckentlastungssystems im Brennelementlager öffnet sich diese automatisch. Dadurch kommt es zur Scharfschaltung der gewichtsbelasteten und damit passiv arbeitenden Überdruckklappe, die den Druck im Brennelementlagergebäude begrenzt. Das Verhalten der Absperrklappe bei einem Steuer-

luftausfall ist somit sicherheitsgerichtet. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die nicht den Auslegungsvorgaben entsprechenden Flanschen der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 4 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

■ Gegenwärtig erstellt das KKB die vom ENSI verlangten Nachweise für das 10 000-jährliche und das 1000-jährliche Erdbeben, basierend auf den neuen, vom ENSI im Jahr 2015 im Nachgang zum Ereignis in Fukushima festgelegten, verschärften seismischen Gefährdungsannahmen. Dabei erfolgte auch eine Überprüfung der Notstanddieselgeneratoren. Es zeigte sich, dass bei den Schwingungsdämpfern der Dieselmotoren die in der Auslegung vorgesehenen Anschlagbegrenzer fehlten. Die Notstanddieselgeneratoren bestehen aus dem Dieselmotor und dem Generator, die durch eine Kupplung verbunden sind. Dieselmotor und Generator sind auf einem gefederten Grundrahmen montiert. Während der Generator direkt auf dem Grundrahmen montiert ist, ist der Dieselmotor über Schwingungsdämpfer mit dem Grundrahmen verbunden. Um ein Versagen der Kupplung zum Generator zu verhindern, darf die Relativverschiebung von Motor und Generator einen spezifizierten Maximalwert nicht überschreiten. Zur Begrenzung der Relativverschiebung bei einem starken Erdbeben

Inspektionsarbeiten
während der Revision.
Foto: KKB



wurden bei der Auslegung der Notstanddieselgeneratoren in die Schwingungsdämpfer integrierte Anschlagbegrenzer vorgesehen. Diese verbinden beim Überschreiten eines unterhalb der maximal zulässigen Relativverschiebung liegenden Grenzwertes der Verschiebung des Motors gegenüber dem Grundrahmen den Motor fast starr mit dem Grundrahmen und begrenzen so die Relativverschiebung gegenüber dem fix montierten Generator. Die Kennlinie der auslenkungsabhängigen Kraft eines Schwingungsdämpfers mit Anschlagbegrenzer verläuft bei geringen Verschiebungen relativ flach, sobald der Anschlagbegrenzer wirksam wird jedoch sehr steil. Trotz der fehlenden Anschlagbegrenzer wäre es beim 10000-jährlichen Erdbeben gemäss den bis 2012 geltenden seismischen Gefährdungsannahmen auch ohne Anschlagbegrenzer nicht zu unzulässigen Relativverschiebungen gekommen. Dies gilt nicht für die im Nachgang zum Unfall in Fukushima stark erhöhten seismischen Gefährdungsannahmen. Die fehlenden Anschlagbegrenzer bedeuteten, dass der Nachweis der Sicherheit beim 10000-jährlichen Erdbeben gemäss Gefährdungsannahmen von 2015 für die Notstanddiesel nicht erbracht werden konnte, derjenige für das 1000-jährliche Erdbeben war nicht betroffen. Nach Erkennen des Mangels am 7. Dezember 2020 fuhr das KKB am 9. Dezember 2020 innerhalb der von der Technischen Spezifikation gesetzten Frist beide Blöcke ab. Nach dem Einbau von Schwingungsdämpfern mit zur Begrenzung der Relativverschiebung zwischen Motor und Generator bei einem 10000-jährlichen Erdbeben geeigneten Anschlagbegrenzern nahm das KKB mit Zustimmung des ENSI beide Blöcke wieder in Betrieb. Sie erreichten am 21. Dezember 2020 Vollast. Eine nach Erkennen der Mängel an den Notstanddieseln durchgeführte Kontrolle der Notstromdiesel der autarken Notstromversorgung zeigte korrekt montierte Anschlagbegrenzer. Ursache der fehlenden Anschlagbegrenzer der Notstanddiesel war ein Fehler bei der Erstellung der für die Montage der Notstanddiesel massgeblichen Dokumente. Die in der Auslegung vorgesehenen Anschlagbegrenzer waren nicht übernommen worden. Wann genau der Fehler aufgetreten war, liess sich nach über dreissig Jahren nicht mehr eruieren. Damit liegt kein Fehler des an der Montage und der Inbetriebsetzung direkt beteiligten Eigen- und

Fremdpersonals vor. Es fehlte jedoch eine übergeordnete Prüfung, ob das gelieferte Produkt der Auslegung entsprach. Die Anschlagbegrenzer wurden auch nicht in die Vorgabedokumente für die Wartung der Notstanddiesel übernommen. Damit liegt auch kein Fehler des Wartungspersonals vor, der das Erkennen der fehlenden Anschlagbegrenzer verzögert hätte. Retrospektiv ergibt sich folgendes Bild der Erdbebensicherheit der Notstromversorgung: In der ersten Betriebsphase beruhte die Notstromversorgung des KKB primär auf dem benachbarten Wasserkraftwerk. Das Wasserkraftwerk bestand schon vor dem Bau des KKB und ist nicht gegen das Sicherheitserdbeben des KKB ausgelegt. Daneben verfügte das KKB über kleine, überflutungssichere, aber nicht für das Sicherheitserdbeben ausgelegte Dieselgeneratoren. Die erste probabilistische Sicherheitsanalyse zeigte 1986 Verbesserungsbedarf in mehreren Bereichen, insbesondere auch der Erdbebensicherheit der Anlage. Diverse kleinere Nachrüstungen reduzierten die Kernschadenshäufigkeit bereits signifikant, bevor 1992 beziehungsweise 1993 in beiden Blöcken die Inbetriebnahme der neuen, gebunkerten und erdbebensicheren Notstandssysteme erfolgte. Diese umfassen unter anderem je einen leistungsfähigen Dieselgenerator. Einer dieser Generatoren ist ausreichend, um die Kernkühlung in beiden Blöcken sicherzustellen. Die Notstandssysteme verminderten die Kernschadenshäufigkeit noch einmal wesentlich. Insbesondere stand damit eine den damals gültigen seismischen Gefährdungsannahmen entsprechende Notstromversorgung zur Verfügung. Auch nach der Installation der Notstandssysteme erfolgten laufend weitere Verbesserungen. Erwähnt seien die seit 2012 auch zusätzliche Dieselgeneratoren umfassenden Vorkehrungen zur Beherrschung schwerer Unfälle auf der Sicherheitsebene 4. Mit diesen Generatoren kann insbesondere die für die Kernkühlung benötigte Stromversorgung sichergestellt werden. Mit der neuen, erdbebensicheren autarken Notstromversorgung (AUTANOVE), die das Wasserkraftwerk ablöste, ist die Beherrschung des 10000-jährlichen Erdbebens auch bei einem Ausfall der Notstanddiesel auf der Sicherheitsebene 3 gewährleistet. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich die sicherheitstechnische Bedeutung der fehlenden Anschlagbegrenzer im Laufe der

Zeit schrittweise verringerte. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die fehlenden Anschlagbegrenzer der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie schutzzielübergreifender Bedeutung. Die dadurch bedingte, gleichzeitige Unverfügbarkeit der Notstanddiesel beider Blöcke im Falle des 10000-jährlichen Erdbebens ordnete das ENSI der Kategorie INES 1 (Anomalie) zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie schutzzielübergreifender Bedeutung. Die mit dem Vorkommnis verbundene Risikoerhöhung ordnete das ENSI gemäss Unterkapitel 6.6.2 der Richtlinie ENSI-A06 und Anhang 6 der Richtlinie ENSI-B03 ebenfalls der Kategorie INES 1 (Anomalie) zu – als Aspekt des Zustandes und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung. Das Nichterkennen der Abweichung zwischen der Auslegung und den gelieferten Dieselgeneratoren ordnete das ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie 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.

1.3 Anlagentechnik

1.3.1 Revisionsarbeiten

Der Block 1 wurde vom 17. April bis 22. Mai 2020 für den Revisionsstillstand abgestellt. Während des Stillstands fanden neben dem Brennelementwechsel verschiedene Prüfungen und Wartungsarbeiten statt. Trotz der Covid-19-Pandemie erfolgten die Revisionsarbeiten gemäss der ursprünglichen Planung. Das KKB legte über die behördlichen Vorgaben hinausgehende Schutzmassnahmen fest. Die qualifizierte Wirbelstromprüfung aller Gewindebolzen des Reaktordruckbehälterdeckels bestätigte die Befunde aus dem Jahre 2010. Zusätzlich ergab sich eine neue Anzeige. Alle Befunde sind zulässig und beeinträchtigen die Funktion der Bol-

zen nicht. Die visuelle Prüfung der Bolzen zeigte, dass es sich um geringfügige, durch den Ein- und Ausbau verursachte, mechanische Beschädigungen handelt.

Die ausgehend von Befunden in einem ausländischen Kernkraftwerk durchgeführten Prüfungen von Sicherheitseinspeiseleitungen wurden im Berichtsjahr fortgesetzt und abgeschlossen. Die mit einem neu qualifizierten Verfahren durchgeführten indirekten visuellen Prüfungen ergaben keine registrier- oder bewertungspflichtigen Befunde.

Die Farbeindringprüfung an einer Gehäuse-schweissnaht einer Reaktorhauptpumpe bestätigte einerseits die Befunde der letzten Prüfung im Jahr 2010. Andererseits ergaben sich zusätzlich vier neue registrierpflichtige Anzeigen. Sämtliche Anzeigen sind zulässig.

Die visuellen Prüfungen und die Wanddickenmessungen an der Stahldruckschale ergaben keine Befunde.

Beim alterungsbedingten Ersatz von zwei 24-V-Batterien setzte das KKB neue Batterien mit einer um 10 % höheren Kapazität ein.

Der Brennelementwechsel im Block 2 dauerte vom 4. bis zum 17. August 2020. Neben dem Brennelementwechsel erfolgten weitere Prüfungen und Wartungsarbeiten im Rahmen der ursprünglichen Planung unter verschärften Covid-19-Schutzmassnahmen. Es ergaben sich keine sicherheitsrelevanten Befunde.

Das KKB ersetzte in beiden Blöcken die aufblasbaren Profildichtungen der Tore der Containment-schleusen. Die Herstellung der Dichtungen erfolgte nach einem verbesserten Verfahren, nachdem es in den Vorjahren wiederholt zu Leckagen gekommen war (siehe Seite 24 im Aufsichtsbericht 2019).

Nachdem im Vorjahr im Block 1 ein nicht auslegungsgemäss abgelaufener Lastabwurf auf Eigenbedarf zu einer Turbinenschnellabschaltung gefolgt von einer Reaktorschnellabschaltung geführt hatte (siehe Seite 23 im Aufsichtsbericht 2019), verbesserte das KKB in beiden Blöcken die Druckmessung nach den Abfangklappen vor den Niederdruckturbinen. Zusätzlich überwacht die Schutzlogik neu auch die Beschleunigung der Drehung der Turbinenwelle. Die Inbetriebnahme und Funktionskontrolle fanden während des Revisionsstillstands beziehungsweise Brennelementwechsels statt und verliefen erfolgreich.

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:

- Die Verbindung von den Blocktransformatoren des KKB zum externen 220-kV-Netz erfolgt über die 220-kV-Sammelschientrenner. Neu liegt die Hoheit über die Steuerung dieser Trenner beim KKB und nicht mehr bei der Axpo Grid AG. Dafür sind Anpassungen im KKB und in den betroffenen externen Schaltanlagen erforderlich. Für den Block 1 erfolgten die Änderungen im Revisionsstillstand 2020. Im Block 2 fanden während des Brennelementwechsels Vorbereitungsarbeiten im Hinblick auf die für den Revisionsstillstand 2021 geplanten Hauptarbeiten statt.
- Zur Verbesserung der Informatiksicherheit baute das KKB eine interne Plattform auf, mit der für den Betrieb der Anlage relevante Anwendungen unabhängig von externen Anbietern betrieben werden können.

1.3.3 Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente

Die Blöcke 1 und 2 des KKB werden mit je 121 Brennelementen betrieben. Im Berichtszeitraum traten keine Defekte an Brennelementen auf. Die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe war somit gegeben. Während des Revisionsstillstands 2020 im Block 1 wurden 20 abgebrannte Brennelemente des Typs FOCUS durch frische Brennelemente des Typs AGORA 4H ersetzt. Diese enthalten als Brennstoff wiederaufgearbeitetes Uran (WAU). Der Reaktorkern enthält im 46. Betriebszyklus 101 WAU-Brennelemente des Typs FOCUS und 20 WAU-Brennelemente des Typs AGORA 4H.

Während des Revisionsstillstands 2020 im Block 2 wurden 20 abgebrannte Brennelemente des Typs FOCUS durch frische Brennelemente des Typs AGORA 4H ersetzt. Diese enthalten als Brennstoff wiederaufgearbeitetes Uran. Der Reaktorkern enthält damit im 47. Betriebszyklus 89 WAU-Brennelemente des Typs FOCUS und 32 WAU-Brennelemente des Typs AGORA 4H.

Die Reaktorkerne beider Blöcke des KKB wurden mit freigegebenen und qualitätsgeprüften Brennelementen bestückt. Das ENSI gab die neuen Kernbeladungen des KKB 1 und KKB 2 frei. Sie erfüllten entsprechend der Dokumentation alle Anforderungen.

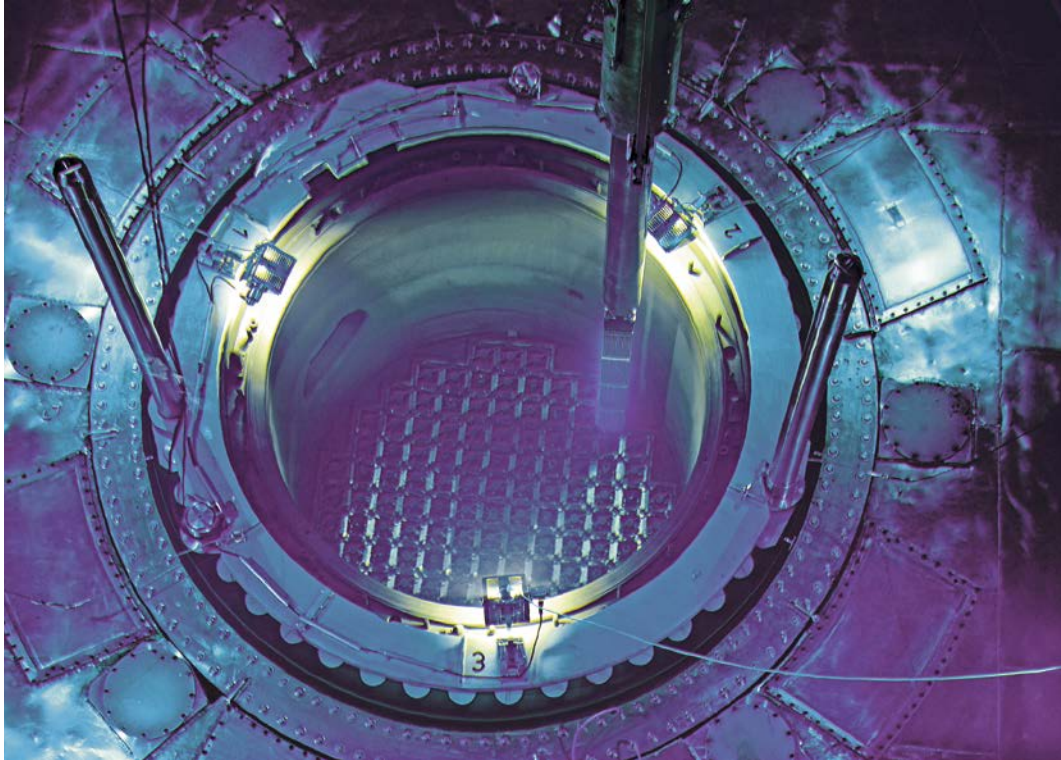
Im Jahr 2014 wurden in beiden Blöcken jeweils alle 25 Steuerelemente durch neue Elemente gleicher Bauart ersetzt. Aufgrund der guten Betriebserfahrung mit Steuerelementen dieser Bauart sowie der stetigen Überwachung des Reaktorkühlkreislaufes, bei der keine Hinweise auf Steuerelementdefekte vorlagen, wurden gemäss der langfristigen Planung des KKB keine Steuerelementinspektionen durchgeführt. Alle Steuerelemente erfüllten die Kriterien für einen weiteren Einsatz.

Im Berichtszeitraum wurden die Reaktorkerne beider Blöcke auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben. Die Anfahrmessungen, die vom ENSI jeweils vor Ort inspiziert wurden, verliefen plangemäss. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnungen überein. Die maximal zulässigen Toleranzen wurden klar eingehalten.

1.4 Strahlenschutz

Aus Sicht des Strahlenschutzes waren im Jahr 2020 weder während des Leistungsbetriebs noch während der Revisionsabstellung im Block 1 oder des Brennelementwechsels im Block 2 Vorkommnisse oder Befunde zu verzeichnen. Die akkumulierten Kollektivdosen für die oben erwähnten Betriebszustände lagen mit insgesamt 333 Pers.-mSv alle im erwarteten Bereich. Bezüglich der Individualdosen hält das ENSI fest, dass sie auf einem tiefen Niveau waren. Der Maximalwert betrug 5 mSv. Allerdings wurde pandemiebedingt auf gewisse Arbeiten verzichtet oder sie wurden aufgeschoben. Die Inspektionen des ENSI bestätigten, dass im KKB ein moderner und effizienter Strahlenschutz betrieben wird.

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 21 % der Jahresabgabelimite. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern durch. Sie stimmten mit den vom KKB gemeldeten Analyseergebnissen überein. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnete das ENSI die potenzielle Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB unter ungünsti-



gen Annahmen. Die Dosen betragen weniger als 0,002 mSv für Erwachsene, Zehnjährige und Kleinkinder und lagen 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 Umgebung 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 der Betreiberin 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 2020 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 20 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 werkseigenen Zwischenlager ZWIBEZ auf. Ihr Bestand liegt mit 49 m³ im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Im Berichtsjahr wurden keine Rohabfälle für die Behandlung in die Anlagen der Zwiilag 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 Ge-

binde mit Schlämmen und 40 Gebinde 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 ZwiLag. Bei der jährlichen Inspektion des Lagergutes wurden keine meldepflichtigen Befunde festgestellt. Die radioaktiven Abfälle des KKB sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Wichtig bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKB wurden im Berichtsjahr 12 t Material freigemessen.

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 fand ein Transfer mit 19 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.

Im Zusammenhang mit der Covid-19-Pandemie und der damit einhergehenden Einschränkungen aufgrund des Lockdowns im Frühjahr 2020 forderte das ENSI das KKB im April auf darzulegen, wie die Mindestpersonalbestände für die Notfallorganisation unter den gegebenen Umständen und innerhalb der vorgegebenen Fristen erreicht werden können und wie die Bereitschaft über einen längeren Zeitraum für mehrere denkbare Einsätze aufrechterhalten werden kann. Das KKB konnte mit seinen detaillierten Angaben nachvollziehbar belegen, dass die Anforderungen an die Einsatzbereitschaft gemäss der Notfallschutzverordnung und der Richtlinie ENSI-B12 erfüllt waren und sich somit die Notfallbereitschaft des KKB

auch während der Pandemielage auf einem hohen Niveau befand.

Das ENSI beobachtete und beurteilte die Notfallorganisation des KKB im September im Rahmen der Stabsnotfallübung ALIUD. Das Übungsregime musste aufgrund der Pandemielage angepasst werden. Die beübten Notfallgruppen wurden auf den gemäss der Richtlinie ENSI-B12 vorgegebenen Mindestbestand reduziert und auf verschiedene Räumlichkeiten verteilt.

Ausgangslage war ein Anlagenzustand mit Block 1 im Leistungsbetrieb und Block 2 im Brennelementwechsel. Alle Brennelemente des Blocks 2 befanden sich seit Kurzem im Brennelementlagerbecken. Eine Netzstörung mit anschliessendem Verlust der externen Stromversorgung, die im Block 1 zu einer Reaktorschnellabschaltung führte, leitete das Szenario ein. Zusätzliches Versagen von Komponenten sowie die unterstellten reparaturbedingten Unverfügbarkeiten verschiedener Systeme verschärften die Situation im Block 1. Dabei kam es zu Hüllrohrschäden und zum Austritt von radioaktivem Primärkühlmittel ins Containment. Im Block 2 galt es die Kühlung des Brennelementbeckens zeitnah zu gewährleisten. Ein Taucherunfall im Notstandbrunnen stellte die Notfallorganisation des KKB vor eine zusätzliche Herausforderung. Durch geeignete Massnahmen gelang es, den beschädigten Reaktorkern im Block 1 wieder zu kühlen und Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umgebung zu verhindern.

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

Eine Inspektion im November 2020 zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren.

Ferner löste das ENSI im November 2020 ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKB aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werksnotfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

1.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr erhöhte sich der Personalbestand des KKB auf 467 Personen, die 459 Vollzeitstellen besetzen (Ende 2019: 456, ohne Lernende). Es erfolgten keine organisatorischen Änderungen, die

eine Freigabe des Kraftwerkreglements erfordert hätten. Wie geplant erfolgte im Berichtsjahr die Wiederbesetzung der Leitung sowie von offenen Stellen in der Abteilung «Reaktor & Sicherheit». Ferner wurden zwei weitere Stellen zur Verbesserung der Ressourcensituation innerhalb der Abteilung geschaffen. Im 2020 gab es einen Wechsel des Kraftwerksleiters.

Das Managementsystem des KKB besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2015. Die Rezertifizierung fand im Jahr 2018 statt. Das ENSI führte 2020 eine Inspektion im Bereich des Managementsystems mit dem Schwerpunktthema Auditprozesse durch. Es überprüfte, ob und wie die Regelungen zur Planung, Durchführung und Dokumentation von Audits sowie die Nutzung der entsprechenden Ergebnisse im Managementsystem die zugehörigen Vorgaben der Kernenergieverordnung und der Richtlinie ENSI-G07 erfüllen und wie die Vorgaben des Auditprozesses von der Betriebsorganisation umgesetzt werden. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

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

Das ENSI führte eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2019 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2020 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 die Ausbildung des Personals der Abteilung Maschinentchnik auf die Einhaltung der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Die Ausbildungsprogramme des KKB in den inspizierten Bereichen erfüllten die Anforderungen.

1.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Das KKB reichte bis Ende September 2020 weitere umfangreiche Dokumente zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) ein, die das ENSI in die Prüfung einbezog. Ende 2020 war ein erster interner Entwurf der ENSI-Stellungnahme zur PSÜ des KKB fertiggestellt.

1.9 Sicherheitsbewertung

1.9.1. Block 1

Im Jahr 2020 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Erläuterungen zur Sicherheitsbewertung) beschriebenen System sämtliche Inspektionsgegenstände, Ergebnisse von Zulassungsprüfungen, Einzelaspekte von Vorkommisabläufen 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:

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

Sicherheitsbewertung 2020 KKB1:

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

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.

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

Sicherheitsbewertung 2020 KKB1: Schutzziel-Perspektive
Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, aber mit zusätzlicher Darstellung radiologischer Auswirkungen.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

Auslegungsvorgaben

Das ENSI beurteilt die im Unterkapitel 1.2 genannte 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 liegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als gut.

Betriebsvorgaben

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

Zustand und Verhalten der Anlage

Aufgrund der im Unterkapitel 1.2 dargestellten INES-1-Bewertungen beurteilt das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 der KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als ausreichend.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

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

1.9.2. Block 2

Im Jahr 2020 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:

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

Sicherheitsbewertung 2020 KKB2: Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge
Bewertungen bezüglich Transporten zu und von den Kernkraftwerken werden im Text behandelt, aber für die anlagenspezifische Gesamtbewertung nicht berücksichtigt.

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

Sicherheitsbewertung 2020 KKB2: Schutzziel-Perspektive
Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, aber mit zusätzlicher Darstellung radiologischer Auswirkungen.

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

richten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

Auslegungsvorgaben

Das ENSI beurteilt die im Unterkapitel 1.2 genannte 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 liegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als gut.

Betriebsvorgaben

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

Zustand und Verhalten der Anlage

Aufgrund der im Unterkapitel 1.2 dargestellten INES-1-Bewertungen beurteilt das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 der KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als ausreichend.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Das ENSI beurteilt die im Unterkapitel 1.2 beschriebene Abweichung im Bereich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Bewertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES liegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als gut.



*Kernkraftwerk Gösgen.
Foto: KKM*

2. Kernkraftwerk Gösgen

2.1 Überblick

Das Berichtsjahr zeichnete sich im Kernkraftwerk Gösgen (KKG) durch einen infolge der Covid-19-Pandemie verkürzten Revisionsstillstand aus, verbunden mit einer Verlängerung des 41. Betriebszyklus um zwei Wochen unter Einhaltung der Bestimmungen der Technischen Spezifikation. Während dieser Verlängerung nahm die thermische Reaktorleistung aus physikalischen Gründen kontinuierlich ab. Neben dem Revisionsstillstand kam es zu zwei ungeplanten, störungsbedingten Unterbrüchen des Leistungsbetriebs, in einem Fall verbunden mit einer Reaktorschnellabschaltung. 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 hin-

sichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als gut.

Das KKG ist eine 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 zu verzeichnen, die das ENSI alle der Stufe 0 auf der internationalen Ereignisskala INES zuordnete.

Das ENSI führte im Rahmen seiner Aufsicht 112 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungen und überwachte deren Umsetzung.

Der gegenüber der ursprünglichen Planung verkürzte und mit reduziertem Arbeitsumfang durchgeführte Revisionsstillstand dauerte vom 6. bis



23. Juni 2020. Neben dem Austausch von Brennelementen fanden Prüfungen und Inspektionen an Komponenten und Systemen statt. Es zeigten sich keine Befunde, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen.

Die Kollektivdosis war sowohl im pandemiebedingt verkürzten Revisionsstillstand als auch im ganzen Betriebsjahr 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 fünf Reaktoroperateur ihre Zulassungsprüfung.

2.2 Betriebsgeschehen

Das KKG erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 94,2 % und eine Zeitverfügbarkeit von 95,2 %. Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war hauptsächlich auf den Revisionsstillstand zurückzuführen, in geringerem Mass auf die beiden störungsbedingten Unterbrüche des Leistungsbetriebs.

Die ausgekoppelte Prozesswärme für die Versorgung der zwei nahegelegenen Kartonfabriken belief sich auf 243,3 GWh.

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

Infolge der Covid-19-Pandemie traf das KKG umfassende Schutzmassnahmen. Dadurch war ein ausreichender Personalbestand zur Erfüllung aller sicherheitsrelevanten Aufgaben jederzeit gewährleistet.

Im Berichtsjahr waren sechs meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, die das ENSI alle der

Stufe 0 auf der internationalen Ereignisskala INES zuordnete.

■ Zum Not- und Nachkühlsystem des KKG gehören sechs Druckspeicher. Diese enthalten borsäurehaltiges Wasser, das bei einem Druckabfall im Primärkreislauf infolge eines Kühlmittelverluststörfalls durch Stickstoffpolster in den Primärkreislauf gepresst wird. Das Niveau in den Druckspeichern wird durch die Messung des hydrostatischen Drucks überwacht. Dieser hängt primär vom Wasserniveau ab, in geringerem Mass aber auch vom Borsäuregehalt und vom statischen Druck des über dem Wasser liegenden Stickstoffpolsters. Ausgelöst durch eine ein ausländisches Kernkraftwerk betreffende Meldung stellte das KKG am 19. März 2020 Fehler in der Niveaumessung der Druckspeicher fest, die in der Vergangenheit während kurzer Zeitintervalle zu einer minimalen Abweichung von der Technischen Spezifikation geführt hatten. Zum Zeitpunkt des Erkennens waren die Vorgaben der Technischen Spezifikation eingehalten. Zwei Effekte führten zu einer um rund 1 % zu hohen Niveauanzeige. Erstens war der Einfluss des Borsäuregehalts auf die Massendichte und damit den hydrostatischen Druck vernachlässigt worden. Angesichts der innerhalb der damaligen Messungenauigkeit liegenden Grössenordnung des Effekts war dies zum Zeitpunkt der Errichtung des KKG allgemein akzeptiert. Zweitens wurde für das Stickstoffpolster fälschlicherweise die Massendichte bei einem Druck von 10 anstatt 25 bar verwendet und damit ein zu geringer Beitrag des Stickstoffpolsters zum hydrostatischen Druck berücksichtigt. Das KKG kalibrierte die Niveaumessungen nach Erkennen des Fehlers neu. Die Beherrschung von Kühlmittelverluststörfällen wäre jederzeit gewährleistet gewesen. Bei der Auslegung der Anlage wurden einerseits Sicherheitsmargen verwendet, die eine Fehlkalibrierung von 1 % abdecken. Andererseits wurde nachgewiesen, dass alle Auslegungstörfälle auch bei einer Unverfügbarkeit eines Druckspeichers, das heisst bei einer Verminderung der zur Verfügung stehenden Wassermenge um rund 17 %, beherrscht werden. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die nicht korrekte Kalibrierung der Niveaumessung der Druckspeicher der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der An-

lage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie für die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität» und «Kühlung der Brennelemente».

■ Bei einer Funktionsprüfung am 22. Juni 2020 startete der geprüfte Notstromdiesel nicht. Ursache war eine falsche Einstellung der Verteilerscheibe, die zur Verteilung der zum Start benutzten Druckluft auf die Zylinder des Dieselmotors dient. Nach Korrektur der Einstellung innerhalb der massgeblichen Frist der Technischen Spezifikation verlief der Test normal. Die falsche Einstellung war bereits bei Instandhaltungsarbeiten im November 2019 erfolgt. Da der Fehler nicht zwangsläufig zu einem Startversagen führte, manifestierte er sich nicht bereits bei der Funktionsprüfung nach Abschluss der Wartung, sondern erst beim zwölften Start danach. Primäre Ursache für die falsche Einstellung der Startluftscheibe war eine konstruktive Besonderheit des betroffenen Notstromdiesels, die auf die anderen Notstromdiesel und die Notstanddiesel nicht zutrifft. Bei der Wartung, wie sie im November 2019 erfolgte, ist zwar der Deckel des Anlassluftverteilers zu öffnen, der Anlassluftverteiler selbst und die daran angeschlossenen Rohrleitungen sind aber nicht zu demontieren. Beim betroffenen Diesel führen durch die angeschlossenen Rohrleitungen verursachte Spannungen zu einer Trennung der Welle, auf der die Verteilscheibe sitzt, von der Welle, die sie antreibt. Bei der Montage des Deckels des Anlassluftverteilers wird der Form- und Kraftschluss wiederhergestellt. Dabei kann es zu einer Verdrehung der zuvor korrekt eingestellten Verteilscheibe kommen. Diese Besonderheiten des Diesels wurden erst bei der Analyse des Startversagens festgestellt. Speziell auf die Situation am betroffenen Diesel ausgerichtete technische Arbeitshilfsmittel zur Sicherstellung einer korrekten Position der Verteilerscheibe nach der Montage des Deckels fehlten dementsprechend im November 2019. Zudem war die Qualitätssicherung nicht ausreichend, um die spezielle Situation zu erkennen. Die Anwendung der KKG-Standards zur Fehlervermeidung, insbesondere des Vier-Augen-Prinzips, war nicht sichergestellt. Die Fehlstellung der Verteilerscheibe wäre zwar nicht direkt erkennbar gewesen, ein Erkennen und Bewerten der besonderen Situation am Diesel bereits im November 2019 anstatt erst nach dem Startversagen im Juni 2020 hätte das Vor-

kommiss jedoch verhindern können. Zur Verhinderung erneuter Falscheinstellungen der Verteilerscheibe hat das KKG spezielle Montagehilfen für den betroffenen Diesel entwickelt und das Vier-Augen-Prinzip bei der Einstellung in die Arbeitsvorschrift aufgenommen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die fehlenden technischen Arbeitshilfsmittel der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie schutzzielübergreifender Bedeutung. Die nicht ausreichende Anwendung der KKG-Standards zur Fehlervermeidung ordnete das ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie schutzzielübergreifender Bedeutung. Die mit dem Vorkommnis verbundene Risikoerhöhung ordnete das ENSI der Kategorie A (Abweichung) zu – als Aspekt des Zustandes und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.

- Die im Nachgang zum Vorkommnis im Zentralen Zwischenlager Würenlingen vom 7. Juli 2020 (siehe Unterkapitel 5.7) vom KKG durchgeführten Abklärungen zeigten am 20. Juli 2020, dass auch im KKG ein vergleichbares meldepflichtiges Vorkommnis vorlag. Die nicht berücksichtigten Änderungen im Sicherheitsbericht führten im KKG dazu, dass die Breite der Auflagefläche der Kranlaschen auf den Behältertragzapfen den im Sicherheitsbericht vorgegebenen Mindestwert unterschritt. Damit war die Flächenbelastung der Tragzapfen erhöht. Die Transporte von abgebrannten Brennelementen aus dem Reaktorgebäude ins Nasslager auf dem Areal des KKG wurden eingestellt. Vor der Wiederaufnahme hat das KKG die Auswirkungen der zu geringen Breite der Kranlaschen umfassend zu analysieren und die Ergebnisse dem ENSI einzureichen. Des Weiteren sind die Kranlaschen neu auszulegen und die Spezifikation dem ENSI zur Freigabe einzureichen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Nichtberücksichtigung der Änderungen im Sicherheitsbericht sowie die daraus resultierenden technischen Auswirkungen der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-

Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt der Auslegungsvorgaben beziehungsweise des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Während des Leistungsbetriebs finden im KKG periodisch Funktionsprüfungen von Ventilen im Bereich der Turbine statt. Um dem durch das Schliessen von Ventilen reduzierten Aufnahmevermögen der Turbine Rechnung zu tragen, erfolgt die Prüfung bei verminderter thermischer Reaktorleistung und dadurch reduzierter Frischdampfzeugung. Neben der thermischen Gesamtleistung wird auch die Leistungsverteilung im Reaktorkern durch den Reaktorschutz permanent überwacht, um lokale Leistungsspitzen zu verhindern, welche die Integrität der Brennstabhüllrohre gefährden könnten. Bei der Funktionsprüfung vom 18. August 2020 kam es zu einem ungeplanten automatischen Einwurf des Zentralstabs. Als solcher bezeichnet wird das Steuerelement in der Mitte des Reaktorkerns. Dies bewirkte eine Verminderung der Reaktorleistung um rund 20 %. Die Funktionsprüfung konnte trotzdem erfolgreich abgeschlossen und danach die Leistung wieder auf Volllast erhöht werden. Die Aussagekraft dieser Prüfung hängt nicht vom genauen Wert der Reaktorleistung ab. Vier Faktoren trugen zum ungeplanten Einwurf des Zentralstabs bei. Wie üblich fand auch am 18. August 2020 vor der Prüfung der Turbinenstell- und Schnellschlussventile die Prüfung der Stell- und Schnellschlussabfangklappen statt, die eine stärkere Reduktion der Reaktorleistung erfordert. Dazu wurde ein Teil der Steuerstäbe bis ans Ende des Regelbereichs in den Reaktorkern eingefahren. Nach Abschluss der Klappenprüfung wurden diese Stäbe wieder etwa halb aus dem Kern ausgefahren, um die Reaktorleistung auf den der folgenden Ventilprüfung angepassten Wert anzuheben. Damit fand der Leistungsanstieg vorwiegend im unteren Teil des Kerns statt, was eine Erhöhung der sogenannten axialen Schiefast bedeutete. Die axiale Schiefast ist ein Mass für die Differenz der Leistung in der oberen und der unteren Kernhälfte. Eine ungeplante Verzögerung der Prüfung führte zum Einfahren weiterer Steuerstäbe in den oberen Teil des Reaktorkerns durch die Kühlmitteltemperaturregelung. Dies erhöhte die axiale Schiefast weiter. Die Prüfung der einzelnen Turbinenstellventile wirkt sich unterschiedlich auf die aus den drei Dampfer-

zeugern bezogene Frischdampfmenge und damit die Temperatur in den zugeordneten Primärkühlkreisläufen aus. Die dadurch verursachte Änderung der azimuthalen Temperaturverteilung bewirkt über die damit verbundene Reaktivitätsänderung eine Änderung der azimuthalen Leistungsverteilung im Kern. Die sogenannte azimuthale Schiefast ist ein Mass für die Variation der Leistungsverteilung in Abhängigkeit des Azimutalwinkels. Es steigt bei der Ventilprüfung an. Der Reaktorschutz überwacht die Kombination von axialer und azimuthaler Schiefast und löst beim Überschreiten vorgegebener Grenzwerte Massnahmen auf der Sicherheitsstufe 2 aus, wozu im vorliegenden Fall der Einwurf des Zentralstabs gehörte. Der zulässige Wert der Kombination von axialer und azimuthaler Schiefast ändert sich im Verlauf eines Betriebszyklus. Im vorliegenden Fall waren die beim Anfahren der Anlage nach dem Revisionsstillstand vorgenommenen Einstellungen unverändert geblieben, was eine unnötige Konservativität zur Folge hatte. Der aktuelle Zustand des Reaktorkerns hätte einen höheren Wert zugelassen. Zusätzlich waren die analogen Reenschaltungen zur Berechnung der azimuthalen Schiefast beim Anfahren konservativer eingestellt worden als in den Vorjahren. Die Reaktorschnellabschaltung auf der Sicherheitsebene 3 wäre im Anforderungsfall jederzeit sichergestellt gewesen. Zur Verhinderung vergleichbarer Vorkommnisse führt das KKG die Prüfung der Turbinenstell- und Schnellschlussventile neu bei der gleichen Reaktorleistung durch wie die vorgängige Prüfung der Turbinenstell- und Schnellschlussventile. Weiter wird der zulässige Wert der Kombination von axialer und azimuthaler Schiefast neu bei jeder Kalibrierung der Leistungsverteilungsdetektoren überprüft und gegebenenfalls angepasst. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die zu konservativen Einstellungen im Bereich der Schiefast der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 sowie für die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität» und «Kühlung der Brennelemente».

- Das KKG verfügt über drei nukleare Zwischenkreisläufe. Zwei davon gelten als Betriebskreisläufe und einer als Abfahrkreislauf. Alle drei führen im Anforderungsfall die Wärme aus dem Not- und Nachkühlssystem an das nukleare Ne-

benkühlwassersystem ab, das die Wärme an die Aare abgibt. Im Leistungsbetrieb erfolgt zudem die Kühlung der Hauptkühlmittelpumpen und anderer Betriebssysteme über die beiden Betriebskreisläufe. Sie sind in dieser Funktion gegeneinander verriegelt. Die nuklearen Zwischenkreisläufe bilden eine doppelte Barriere zwischen radioaktiven Komponenten und dem inaktiven Aarewasser des Nebenkühlwassersystems. Sowohl der Wärmeeintrag aus dem Kühlwasser der gekühlten Komponenten als auch die Wärmeabfuhr an das nukleare Nebenkühlwassersystem erfolgen über Wärmeübertrager. Am 19. Oktober 2020 war in einem der beiden Stränge, zu denen je ein Betriebskreislauf gehört, die jährliche Strangrevision im Gang. Damit war der Kreislauf freigeschaltet und die betriebliche Wärmeabfuhr erfolgte über den anderen Betriebskreislauf. Bei der Planung einer Prüfung im Rahmen dieser Strangrevision war auf der Prüfvorschrift fälschlicherweise ein Prüfschritt ausgewählt worden, der im gegebenen Anlagezustand nicht ausgeführt werden durfte. Die Auswahl findet durch ankreuzen der entsprechenden nachgeordneten Dokumente statt. Das nicht statthafte Prüfelement beinhaltet die Simulation zweier offener Absperrklappen für den betroffenen Kreislauf, die während der Strangrevision geschlossen und abgesichert sind. Sobald die Simulation am 19. Oktober 2020 wirksam wurde, lag leittechnisch ein nicht zulässiger Zustand vor, im Widerspruch zur Vorgabe, dass entweder der eine oder der andere Kreislauf als Betriebskreislauf im Einsatz ist. Aus leittechnischer Perspektive folgerichtig kam es zu einer automatischen Absperrung der betrieblichen Wärmeabfuhr über den in Betrieb stehenden Kreislauf. Die Anlage reagierte auslegungsgemäss mit einer automatischen Abschaltung der Hauptkühlmittelpumpen gefolgt von einer automatischen Reaktorschnellabschaltung. Die Wärmeabfuhr aus dem Not- und Nachkühlssystem wäre im Anforderungsfall jederzeit gewährleistet gewesen. Nach der Normalisierung der betrieblichen Wärmeabfuhr konnte die Anlage den Leistungsbetrieb noch am gleichen Tag wieder aufnehmen. Die direkte Ursache für das Vorkommnis war die falsche Auswahl eines Prüfschritts. Beitragende Faktoren waren eine fehlende unabhängige Kontrolle der vorbereiteten Prüfvorschrift vor ihrer Ausführung sowie die nicht optimal gestaltete Prüfvorschrift, welche die falsche Auswahl begünst-

tigte. Eine unabhängige Kontrolle wird von den Prozessvorgaben nicht verlangt. Trotz Anwendung des Vier-Augen-Prinzips während der Durchführung der Prüfung erkannten die Beteiligten den unzulässigen Prüfschritt nicht. Zur Verhinderung zukünftiger vergleichbarer Vorkommnisse hat das KKG die massgeblichen Dokumente überarbeitet. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die nicht optimal gestaltete Prüfvorschrift der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt der Betriebsvorgaben mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1, 2 und 3 sowie das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente». Weiter ordnete das ENSI die ungenügende Anwendung von Fehlervermeidungstechniken der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1, 2 und 3 sowie das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

- Zur Kühlung von Aggregaten und Systemen im nicht nuklearen Teil der Anlage verfügt das KKG über drei konventionelle Zwischenkühlkreisläufe, welche die Wärme über das konventionelle Nebenkühlwasser an die Aare abführen. Zwei Kreisläufe sind in jedem Anlagezustand für die Wärmeabfuhr ausreichend. Die Wärmeübertragung von den Zwischenkühlkreisläufen an das Nebenkühlwasser erfolgt in drei, in wöchentlich wechselnden Konfigurationen betriebenen Kühlern. Damit kann einerseits die Betriebsweise an die Temperatur des Aarewassers angepasst werden, andererseits wird jeder Kühler regelmässig von Nebenkühlwasser durchströmt. Dies verhindert längere Perioden mit stehendem Wasser und beugt so dem Befall mit Muscheln aus der Aare vor. Bei der Umschaltung am 9. Dezember 2020 wurden fälschlicherweise alle drei Kühler gleichzeitig primärseitig abgesperrt. Der Unterbruch der Wärmeabfuhr betraf sämtliche über die konventionellen Zwischenkühlkreisläufe gekühlten Komponenten und damit auch die Generatorkühlung. Die Anlage reagierte auf den Anstieg der Generatortemperatur auslegungsgemäss mit einer automatischen Turbinenabschaltung, verbunden mit einer Verminderung der Reaktorleistung auf rund 35 % der Nennleistung. Nach der Normalisierung der konventionellen Wärmeabfuhr konnte das KKG den Leistungsbetrieb wieder aufnehmen und erreichte fünf

Stunden nach Beginn der Störung wieder Vollast. Die Abweichung vom Normalbetrieb wurde auf der Sicherheitsebene 2 beherrscht, ohne Anforderung von Sicherheitssystemen der Ebene 3. Beigetragen zur irrtümlichen gleichzeitigen Absperrung aller drei Kühler hat die für die Umschaltung massgebliche Funktionsprüfanweisung. Diese beschreibt die Umschaltung nur in allgemeiner, für alle Ausgangs- und Endzustände gültiger Form. Die zu betätigenden Armaturen sind zwar bezeichnet, aber ohne Angabe, an welchem der drei Kühler sie im konkreten Fall zu verfahren sind. Damit wurde vermieden, dass für jede mögliche Konfiguration eine separate Beschreibung existiert. Der ausführende Operateur muss jeweils selbstständig erkennen, welche Armaturen an welchen Kühlern für die durchzuführende Umschaltung zu öffnen und zu schliessen sind. Des Weiteren verlangen die Vorgaben für diese Umschaltungen weder ein Pre-Job-Briefing, noch die Überwachung durch eine zweite Person. Das KKG hat die betroffene Funktionsprüfanweisung und eine weitere, vergleichbare Anweisung überarbeitet. Neu sind vor jeder Prüfung die zu betätigenden Armaturen in einem einer Doppelkontrolle unterliegenden Beiblatt einzutragen. Die Umschaltungen in der Anlage erfolgen unter Überwachung durch eine zweite Person. Zusätzlich überprüft das KKG alle Funktionsprüfungen der Abteilung Betrieb unter dem Gesichtspunkt der Sicherheitsrelevanz und legt gegebenenfalls neue begleitende Massnahmen fest. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die ungünstig gestaltete Prüfvorschrift der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt der Betriebsvorgaben mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 sowie 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 verkürzten Revisionsstillstands vom 6. bis 23. Juni 2020 führte das KKG folgende ge-

planten Tätigkeiten aus: Brennelementwechsel gemäss einem aufgrund des verlängerten 41. Betriebszyklus angepassten Plan, Brennelementinspektionen, Prüfungen elektrischer und mechanischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Prüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten. Das KKG hatte das ENSI vorgängig über die geänderte Planung informiert. Nach Prüfung der neuen Pläne stimmte das ENSI dem reduzierten Programm zu. Trotz des reduzierten Arbeitsprogramms fanden sämtliche von der Technischen Spezifikation vorgeschriebenen Funktionsprüfungen statt.

Von den Arbeiten an mechanischen Komponenten seien an dieser Stelle die folgenden genannt:

- Die Oberflächenriss- und Ultraschallprüfungen an sieben Rundnähten des Druckhalters ergaben keine Befunde.
- Die Oberflächenriss- und Ultraschallprüfungen an Schweißnähten einer Einspeiseleitung des Not- und Nachkühlsystems ergaben zwei registrierpflichtige, aber keine bewertungspflichtigen Anzeigen.
- Die Prüfung der Innenseiten von je zwei Druckspeichern und Flutbehältern des Not- und Nachkühlsystems zeigten keine bewertungspflichtigen Befunde.
- Das KKG ersetzte 2019 einen grossen Teil der Speisewasser-Druckmessleitungen. Leckagen an solchen Druckmessleitungen hatten zu drei meldepflichtigen Vorkommnissen geführt. Der für 2020 geplante Ersatz der restlichen Druckmessleitungen musste infolge der Pandemie verschoben werden.

In den Bereichen Starkstrom-, Leit- und Messtechnik erfolgten umfangreiche wiederkehrende Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten gemäss langfristiger Planung, die den guten Zustand der Komponenten und Systeme bestätigten. Die Prüfungen am Reaktorschutzsystem belegten dessen guten Zustand. Die Kontrollen von Bauwerken zeigten keine sicherheitsrelevanten Befunde.

Die Revisionsarbeiten wurden mit hoher Qualität und in Übereinstimmung mit den Strahlenschutzvorgaben geplant und umgesetzt. Wo erforderlich, beaufsichtigte das ENSI die Prüfungen. Es ergaben sich keine Befunde, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen. Die durchgeführten Prüfungen zeigten einen guten Zustand der mechanischen sowie der elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen.

2.3.2 Anlageänderungen

Folgende Anlageänderungen seien an dieser Stelle erwähnt:

- In einem Strang erfolgte eine seismische Ertüchtigung der Kabeltrassen. Auf den Trassen verlaufen Kabel der internen Stromversorgung und der Leittechnik. In einem zweiten Strang begann das KKG mit der Ertüchtigung.
- Der erste Teil der Stromversorgung der Steuerstabantriebe wurde 2019 ertüchtigt. Der für 2020 eingeplante zweite Teil musste infolge des verkürzten Revisionsstillstands verschoben werden.
- Im Rahmen der Erweiterung der Notstandssysteme wurde der Bau des neuen Gebäudes für die erweiterten Deionatvorräte abgeschlossen. Die beiden neuen Deionatbecken ermöglichen es im Anforderungsfall, die Nachwärme aus dem Primärkreislauf während einer verlängerten Zeitspanne über die Dampferzeuger abzuführen, ohne dass eine Nachspeisung von Brunnenwasser erforderlich ist.
- Zur Verbesserung der Wärmeabfuhr aus dem Primärkreislauf bei Störfällen mit geringem Kühlmittelverlust passte das KKG ein Frischdampf-Abblaseabsperrentil an. Neu schliesst das Ventil erst bei einem tieferen Druck und damit bei einer tieferen Temperatur.
- Sechs Transformatoren der elektrischen Eigenbedarfsversorgung wurden ersetzt.
- Das KKG hatte Ende 2016 ein nicht vollständiges Schliessen von Brandschutzklappen im Rahmen von Anlageversuchen als Vorkommnis gemeldet (siehe Seite 49 im Aufsichtsbericht 2016). Eine reaktive Inspektion zum Thema Brandschutzklappen zeigte Mängel in den Bereichen Funktion und Unterhalt sowie im Vorgehen bei Modifikationen. Im Berichtsjahr setzte das KKG den im Vorjahr begonnenen Austausch der Brandschutzklappen erfolgreich fort.

2.3.3 Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente

Geringe Aktivitätskonzentrationen im Primärkühlmittel liessen den Schluss zu, dass im 41. Betriebszyklus (2019/2020) keine Brennstabdefekte mit Aktivitätsfreisetzung aufgetreten waren. Während des Revisionsstillstands wurden 28 frische Uran- und 8 frische WAU-Brennelemente (wiederaufge-



arbeitetes Uran) in den Reaktorkern geladen, der damit im 42. Betriebszyklus insgesamt 34 Uran- und 143 WAU-Brennelemente enthält.

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

Die Steuerstabfinger aller 48 Steuerelemente wurden während des Revisionsstillstands auf Wanddickenschwächungen und Beschädigungen untersucht. Bei einem der im Kern eingesetzten Steuerelemente ergaben sich Rissanzeigen. Es wurde vorsorglich ausgetauscht und kommt nicht mehr zum Einsatz. Alle anderen Steuerelemente befanden sich in einem auslegungsgemässen Zustand.

Das ENSI überzeugte sich davon, dass das KKG neue Brennelemente und Steuerelemente, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen und nur bestrahlte Brennelemente und Steuerelemente mit defektfreien Hüllrohren in den Reaktor einsetzte.

Im Berichtszeitraum 2020 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 hatte aus strahlenschutztechnischer Sicht ein erfolgreiches Betriebsjahr 2020. Der pandemiebedingt verkürzte Revisionsstillstand führte zu einer entsprechend geringen Kollektivdosis sowohl für den Stillstand als auch für das ganze Betriebsjahr. Insgesamt betrug die Kollektivdosis 162 Pers.-mSv. Die maximale Individualdosis lag bei 3,7 mSv. Die seit 2005 betriebene Zinkeinspeisung im Primärkreislauf reduzierte die Dosisleistung an dessen Komponenten um durchschnittlich 73 %. Das ENSI bewertet die Strahlenschutzmassnahmen des KKG sowohl für die Revision als auch für den Leistungsbetrieb als 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 26 % 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



Revision der zweiten Wasserfassung: Setzen des neuen Elektromotors.
Foto: KKG

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 der Betreiberin 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 2020 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 Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstungs-

massnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Im Berichtsjahr fielen 14 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 18 m³ im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brennbar 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 sowie die Zementierung von nicht brenn- oder schmelzbaren Abfällen zum Einsatz. Für alle angewandten Verfahren liegen die erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden 17 Gebinde mit Borkonzentraten konditioniert.

Die konditionierten Abfallgebände werden im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKG nutzt zudem die Kapazitäten des Zentralen Zwischenlagers der Zwiilag. Im Berichtsjahr wurden 48 Gebinde mit konditionierten Abfallgebänden dorthin transferiert. 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 Buchfüh-

Austausch einer
Wanddurchführung
bei den Blocktrans-
formatoren.
Foto: KKG



runssystem erfasst, sodass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Wichtig bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKG wurden im Berichtsjahr 6,4 t Material freigemessen.

Im Jahr 2020 führte die Betreiberin zwei innerbetriebliche Transporte mit insgesamt 24 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.

Im Zusammenhang mit der Covid-19-Pandemie und der damit einhergehenden Einschränkungen aufgrund des Lockdowns im Frühjahr 2020 forderte das ENSI das KKG im April auf darzulegen, wie die Mindestpersonalbestände für die Notfallorganisation unter den gegebenen Umständen und innerhalb der vorgegebenen Fristen erreicht werden können und wie die Bereitschaft über einen längeren Zeitraum für mehrere denkbare Einsätze aufrechterhalten werden kann. Das KKG

konnte mit seinen detaillierten Angaben nachvollziehbar belegen, dass die Anforderungen an die Einsatzbereitschaft gemäss der Notfallschutzverordnung und der Richtlinie ENSI-B12 erfüllt waren und sich somit die Notfallbereitschaft des KKG auch während der Pandemielage auf einem hohen Niveau befand.

Das ENSI beobachtete und beurteilte die Notfallorganisation des KKG im November 2020 im Rahmen der Werksnotfallübung TUBULIS. Das Übungsregime musste aufgrund der Pandemielage angepasst werden. So wurden beispielsweise die beübten Notfallgruppen auf verschiedene Räumlichkeiten verteilt. Ausgangspunkt war ein Volllastbetrieb mit erhöhter, aber gemäss Technischer Spezifikation zulässiger Aktivitätskonzentration im Primärkühlmittel infolge eines Brennelementschadens. Das Szenario unterstellte eine komplexe Kombination von primär- und sekundärseitigen Schäden und Unverfügbarkeiten von Komponenten. Die erforderliche Abschaltung des Reaktors war nur mit Verzögerung möglich. Es kam zu weiteren Schäden an Brennelementen. Der Abriss einer Einspeiseleitung des Not- und Nachkühlsystems in den Primärkreislauf führte zu einem Anstieg der Dosisleistung im Containment, die eine Einstufung des Notfalls als Anlagennotfall A erforderte, verbunden mit der entsprechenden Warnung externer Stellen. Ein Brand und verletzte Personen stellten die Notfallorganisation vor zusätzliche Herausforderungen. Das KKG stufte die Ereignisse korrekt ein und meldete sie zeitgerecht an das ENSI. 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 November 2020 zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren. Ferner löste das ENSI im November 2020 ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKG aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werksnotfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

2.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr erhöhte sich der Personalbestand des KKG auf 566 Personen (ohne Lernende), welche 541 Vollzeitstellen besetzen (Ende 2019: 553, ohne Lernende). Im 2020 setzte das KKG keine wesentlichen organisatorischen Änderungen um. Das KKG verfolgt weiterhin das Ziel, vor dem Hintergrund eines sich zuspitzenden Know-how- und Kapazitäten-Verlusts auf dem Lieferanten- und Arbeitsmarkt, das erforderliche Wissen und die notwendigen Ressourcen für den Langzeitbetrieb im KKG selbst aufzubauen und zu erhalten.

Das KKG führte im Berichtsjahr sein in den Vorjahren initialisiertes Programm zur Stärkung der menschlichen und organisatorischen Aspekte und zur Weiterentwicklung seiner Sicherheitskultur fort, das unter anderem in die Gründung eines HRO-Zentrums (High Reliability Organisation) mündete, einem mit Schulungs- und Simulationsinfrastruktur ausgerüsteten Kompetenzzentrum. Das Zentrum soll zur Reflexion und für die praktische Übung von Arbeitsabläufen und -tätigkeiten, insbesondere anhand konkreter Beispiele aus der Betriebserfahrung (z. B. Vorkommnissen oder Abweichungsmeldungen) genutzt werden. In High-Performance-Organisation-Workshops werden Aspekte der Sicherheitskultur vertieft mit dem Ziel, insbesondere die interdisziplinäre und hierarchieübergreifende Zusammenarbeit, die Eigenverantwortung und die Achtsamkeit bei der täglichen Arbeit weiter zu stärken. Das ENSI begrüsst die Massnahmen und Erfahrungen des KKG im Rahmen dieses Programms.

Das Managementsystem des KKG besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001: 2015. Das ENSI führte 2020 eine Inspektion im Bereich des Managementsystems mit dem Schwerpunktthema Auditprozesse durch. Es prüfte, ob und wie die Regelungen zur Planung, Durchführung und Dokumentation von Audits so-

wie die Nutzung der entsprechenden Ergebnisse im Managementsystem die Vorgaben der Kernenergieverordnung und der Richtlinie ENSI-G07 erfüllen und wie die Vorgaben des Auditprozesses von der Betriebsorganisation umgesetzt werden. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

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

Das ENSI führte eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2019 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2020 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 die Ausbildung des Personals der Abteilung Maschinentchnik auf die Einhaltung der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Die Ausbildungsprogramme des KKG in den inspizierten Bereichen erfüllten die Anforderungen.

2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Das KKG erfüllte die Nachforderungen aus der Grobprüfung der Periodischen Sicherheitsüberprüfung vom Juli 2019 weitgehend fristgerecht.

2.9 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2020 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 Sicherheitsbewer-

tungsmatrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

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

Sicherheitsbewertung 2020 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 & Organisation
Ziele				
Kontrolle der Reaktivität		N	A	V
Kühlung der Brennelemente	V	A	A	A
Einschluss radioaktiver Stoffe	A	N	A	V
Begrenzung der Strahlenexposition		N	N	N
schutzzielübergreifende Bedeutung			N	N

Sicherheitsbewertung 2020 KKG: Schutzziel-Perspektive
Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, aber mit zusätzlicher Darstellung radiologischer Auswirkungen.

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

Auslegungsvorgaben

Das ENSI beurteilt die im Unterkapitel 2.2 genannte 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 liegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als gut.

Betriebsvorgaben

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

Zustand und Verhalten der Anlage

Das ENSI beurteilt die im Unterkapitel 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 liegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut.

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

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



*Kernkraftwerk
Leibstadt.
Foto: KKL*

3. Kernkraftwerk Leibstadt

3.1 Überblick

Das Berichtsjahr zeichnete sich im Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) durch eine infolge der Covid-19-Pandemie verkürzte Jahreshauptrevision aus, verbunden mit einer Verlängerung des 36. Betriebszyklus um sieben Wochen, unter Einhaltung der Bestimmungen der Technischen Spezifikation. Während dieser Verlängerung nahm die thermische Reaktorleistung aus physikalischen Gründen kontinuierlich ab. Infolge der Befunde an Hüllrohren aus der Jahreshauptrevision 2016 waren im Berichtsjahr die zulässige thermische Leistung für einen Teil der Brennelemente bis zur Jahreshauptrevision 2020 und die Kernumwälzung permanent begrenzt. Trotz dieser Restriktionen konnte die Anlage, abgesehen von durch hohe Umgebungstemperaturen bedingten Leistungsreduktionen im Sommer und der Leistungsabnahme während

der Verlängerung des 36. Betriebszyklus, mit Volllast betrieben werden.

Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKL hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als gut, 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 gut.

Das KKL ist eine Siedewasserreaktor-Anlage, die ihren kommerziellen Betrieb im Jahr 1984 aufnahm. Die elektrische Nettoleistung beträgt 1220 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 drei meldepflichtigen Vorkommnissen mit Bezug zur nuklearen Sicherheit, die das ENSI auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zuordnete.

Das ENSI führte 91 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Die Jahreshauptrevision begann am 29. Juni und dauerte bis 12. August 2020.

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.

3.2 Betriebsgeschehen

Das KKL verzeichnete im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 84,7 % und eine Zeitverfügbarkeit von 88 %. 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 bedingt. Die abnehmende Reaktorleistung während der Verlängerung des 36. Betriebszyklus sowie in geringerem Mass hohe Umgebungstemperaturen im Sommer führten zu einer verglichen mit der Zeitverfügbarkeit geringeren Arbeitsausnutzung.

Infolge der Covid-19-Pandemie traf das KKL umfassende Schutzmassnahmen. Dadurch war ein ausreichender Personalbestand zur Erfüllung aller sicherheitsrelevanten Aufgaben jederzeit gewährleistet. Im Rahmen der Inbetriebsetzung der neuen Erregung des Notstromdiesels einer Division des Notstromsystems SEHR (Special Emergency Heat Removal System) hatte sich bei einem Test am 21. Juni 2019 beim Start der Hauptpumpe ein unerwartet grosser Spannungseinbruch auf der 6,6-kV-Schiene gezeigt (siehe Seite 58 im Aufsichtsbericht 2019). An einer Inspektion überprüfte das ENSI am 28. Juli 2020 die im Nachgang zu diesem Vorkommnis temporär ergänzte Instrumentierung zur Spannungsüberwachung und deren Anwendung in der Praxis. Dabei stellte das ENSI eine ungünstige Konfiguration der Messeinrichtung und eine unvollständige Aufzeichnung der Messresultate fest. Dies beeinträchtigte die Aussagekraft der Prüfergebnisse signifikant. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die festgestellten Mängel der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation, mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie schutzzielübergreifender Bedeutung. Die vom KKL auf Verlangen des ENSI getroffenen Massnahmen zur zukünftigen Sicherstellung korrekter Prüfergebnisse beurteilt das ENSI als zweckmässig.

Im Berichtsjahr kam es zu drei meldepflichtigen Vorkommnissen mit Bezug zur nuklearen Sicher-

Revisionsarbeiten
an der Turbine.
Foto: KKL



heit. Das ENSI ordnete alle der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zu.

■ Das Reaktorwasser-Reinigungssystem stellt sicher, dass das Reaktorwasser die spezifizierten Anforderungen erfüllt. Es verfügt über zwei in getrennten Räumen installierte Pumpen. Normalerweise sind diese Räume als Zone des Typs II eingestuft. Zur Behebung einer Leckage an einem Flansch erfolgte am 19. Dezember 2019 eine temporäre Hochstufung auf Typ III. Nach Abschluss der Reparatur fand eine Dekontamination beider Pumpenräume statt. Während der eine Raum wieder auf Typ II zurückgestuft werden konnte, zeigte sich bei Kontrollmessungen im zweiten Raum am 10. Januar 2020 eine erhöhte Kontamination, die eine umgehende Hochstufung auf Typ IV erforderte. Die Kontamination lag in Form von kleinen Partikeln vor, mit Kobalt-60 als für die Dosisleistung hauptverantwortlichem Nuklid. Nachdem die Kontamination unter Beachtung der für die Zone des Typs IV gebotenen Schutzmassnahmen entfernt worden war, konnte am 16. Januar auch der zweite Raum auf den Zonentyp II zurückgestuft werden. Die Abklärungen des KKL schlossen einen Eintrag der Partikel über die Lüftung aus, ebenso einen Zusammenhang mit der Flanschleckage vom Dezember 2019. Aufgrund der Analyse der vorhandenen Radionuklide geht das KKL von einem Alter der Partikel von einem bis drei Jahren aus. Die Verteilung der Partikel zeigte ein Maximum in einem schwer zugänglichen Bereich der Auffangwanne unter der Pumpe. An dieser Pumpe war im Oktober 2017 der Läufer ausgetauscht worden. Das KKL leitete eine vertiefte Analyse des Vorfalls ein. Das ENSI verlangte, dass dabei auch der Tausch des Pumpenläufers im Jahr 2017 zu berücksichtigen ist. Die Analyse des KKL konnte die Ursache der Kontamination noch nicht abschliessend eruieren. Weitergehende Abklärungen sind deshalb für die nächste komplette Revision der betroffenen Pumpe vorgesehen. Eine Kontrolle der Ergebnisse der regelmässig im Bereich des Zugangs zu den Räumen mit den Pumpen des Reaktorwasser-Reinigungssystems durchgeführten Wischtests aus dem Quartal vor dem Vorkommnis ergab keine Hinweise auf eine Kontaminationsverschleppung aus dem betroffenen Raum. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die kontaminationsbedingte Hochstufung auf den Zonentyp IV der Kategorie A (Abweichung) der

ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 sowie für die Schutzziele «Einschluss radioaktiver Stoffe» und «Begrenzung der Strahlenexposition».

■ Die im Nachgang zum Vorkommnis im Zentralen Zwischenlager Würenlingen vom 7. Juli 2020 (siehe Unterkapitel 5.7) vom KKL durchgeführten Abklärungen zeigten am 20. Juli 2020, dass auch im KKL ein vergleichbares meldepflichtiges Vorkommnis vorlag. Die nicht berücksichtigten Änderungen im Sicherheitsbericht führten im KKL dazu, dass die Breite und der Umfangswinkel der Auflagefläche der Kranlaschen auf den Behältertragzapfen die im Sicherheitsbericht vorgegebenen Mindestwerte unterschritten. Damit war die Flächenbelastung der Tragzapfen erhöht. Die Handhabung von Behältern mit den betroffenen Kranlaschen wurde eingestellt. Vor der Wiederaufnahme hat das KKL die Auswirkungen der zu geringen Auflagefläche der Kranlaschen umfassend zu analysieren und die Ergebnisse dem ENSI einzureichen. Des Weiteren sind die Kranlaschen neu auszulegen und die Spezifikation dem ENSI zur Freigabe einzureichen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Nichtberücksichtigung der Änderungen im Sicherheitsbericht sowie die daraus resultierenden technischen Auswirkungen der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt der Auslegungsvorgaben beziehungsweise des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».

■ Im Rahmen eines internationalen Lehrgangs fand am 9. September 2020 eine Führung im KKL statt. Eine Besucherführerin, ein Mitarbeiter des KKL und ein als Berater tätiger ehemaliger Mitarbeiter des KKL leiteten den vorgängig exakt geplanten Rundgang. Aufgrund der Beschreibung der Brennelementscheleuse des KKL in einem Referat vom Vormittag ergab sich der Wunsch, diese zu besichtigen. Der den Rundgang koordinierende ehemalige Mitarbeiter des KKL beschloss, die Besichtigung entsprechend zu erweitern. Gegen 15:30 Uhr traf die Gruppe vor der Aussentür der Brennelementscheleuse ein und beantragte bei der Betriebswache telefonisch die Türöffnung. Nach Rücksprache mit dem Kommandoraum öffnete die Wache die

Tür und die Gruppe betrat die Brennelementschleuse ohne Dosimeter. Dabei beachtete niemand das Schild an der Tür, das die Schleuse als Zone des Typs 0 kennzeichnet, verbunden mit der Dosimetertraspflicht. Erst das Schild in der Schleuse nahm die Gruppe wahr. Parallel dazu erkundigte sich die Betriebswache telefonisch, ob Dosimeter getragen würden. Die Gruppe verliess die Schleuse umgehend. Begünstigt wurde das nicht korrekte Betreten der Schleuse durch die Tatsache, dass die Schleuse erst als Zone 0 eingestuft wurde, als der ehemalige Mitarbeiter das KKL bereits verlassen hatte. Vorbildlich war die Rückfrage der Betriebswache, ob Dosimeter getragen würden, obwohl die Kontrolle der Einhaltung der Strahlenschutzmassnahmen nicht zu den Pflichten der Wache gehört. Die während der Besichtigung akkumulierte Dosis war minimal. Die Einstufung der Schleuse als Zone 0 war aufgrund einer punktuell an einer Rohrleitung erhöhten Ortsdosisleistung erfolgt. Die Gruppe hielt sich in der Mitte des Raums auf. Selbst im ungünstigsten Fall, einem Aufenthalt in unmittelbarer Nähe der Rohrleitung, wäre keine unzulässige Dosis akkumuliert worden. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das Betreten der Schleuse ohne Dosimeter der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie 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.

3.3 Anlagentechnik

3.3.1 Revisionsarbeiten

Die infolge der Covid-19-Pandemie verkürzte Jahreshauptrevision dauerte vom 29. Juni bis 12. August 2020. Während der Revision fanden der Austausch von Brennelementen, Instandhaltungsarbeiten und Inspektionen an mechanischen und elektrischen Einrichtungen sowie Bauwerken, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen sowie wiederkehrende Funktionsprüfungen und Begehungen an Systemen statt. Das KKL hatte das ENSI

vorgängig über die geänderte Planung informiert. Nach Prüfung der neuen Pläne stimmte das ENSI dem reduzierten Programm zu. Trotz des reduzierten Programms hielt das KKL alle Vorgaben der Technischen Spezifikation ein.

Erwähnt seien folgende Arbeiten:

- Die qualifizierten Ultraschallprüfungen von Mischnähten an Stutzen des Reaktordruckbehälters zeigten keine neuen registrier- oder bewertungspflichtigen Befunde und keine Veränderungen im Vergleich zu früheren Prüfungen.
- Die mit einem Kamerasystem durchgeführte visuelle Prüfung der Stutzendurchführungen des Reaktordruckbehälterbodens ergaben im Vergleich zur letzten Prüfung keine Veränderungen, die auf eine mögliche Leckage hingedeutet hätten.
- Aufgrund der Ergebnisse der visuellen Prüfung eines Frischdampfisolationsventils ersetzte das KKL Ventilspindel und Keilplatte.
- Die Summe der gemessenen Leckageraten an Containment-Durchdringungen und an Containment-Abschlussarmaturen lag im Bereich von 9 % der Limite der Technischen Spezifikation.
- Nachdem im vorangegangenen Betriebszyklus erhöhte, aber unterhalb der Grenzwerte der Technischen Spezifikation liegende Leckagen im Drywell aufgetreten waren, klärte das KKL in der Jahreshauptrevision die Ursache ab. An drei der nach der Reaktorschnellabschaltung vom 28. Dezember 2019 (siehe Seite 60 im Aufsichtsbericht 2019) auslegungsgemäss geöffneten Sicherheitsabblaseventilen waren nach dem Schliessen geringe Dampf- bzw. Kondensatmengen durch die Vakuumbrechklappen in den Abblaseleitungen ausgetreten. Das KKL tauschte die betroffenen Ventile aus. Die Vakuumbrechklappen der ausgebauten Ventile wurden revidiert und einem Lecktest unterzogen.
- Einer der drei Blocktransformatoren wurden gegen den Reservetransformator ausgetauscht.
- Am Generatorschalter erfolgte eine Totalrevision.

3.3.2 Anlageänderungen

Folgende Anlageänderungen seien erwähnt:

- Das KKL setzte den ersten Teil der Erneuerung der Stabsteuerung um. Die Stabsteuerung dient dem betrieblichen Verfahren der Steuerstäbe und liefert Information über die Stellung der Stäbe. Die ersetzten Teile der Stabsteuerung waren Teil der Erstausrüstung. Ersatzteile

waren nicht mehr verfügbar. Das Einschleusen von Steuerstäben durch den Reaktorschutz erfolgt unabhängig von der Stabsteuerung.

- Die Leittechnik des Speisewassersystems und des Hauptkondensatsystems wurde ersetzt.
- Der Ersatz des Hauptkondensators, in dem der aus den Niederdruckturbinen austretende Dampf kondensiert wird, wurde infolge der Covid-19-Pandemie verschoben.

3.3.3 Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente

Der Reaktor wurde im Berichtszeitraum planmässig bis zur Abstellung zur Jahreshauptrevision Ende Juni 2020 betrieben. Im Berichtszeitraum 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 ausschliesslich 128 frische Brennelemente eines Typs nachgeladen, welcher in der Vergangenheit nicht von den lokalen Ablagerungen betroffen war. Wegen der früheren Befunde behielt das KKL vorsorglich Begrenzungen für den Kühlmitteldurchsatz bei.

Während der Jahreshauptrevisionen 2017, 2018 und 2019 sowie im Rahmen einer Inspektionenkampagne Ende Oktober/Anfang November 2020 wurden Inspektionen an Brennelementen durchgeführt. Das Erscheinungsbild und die Messergebnisse aller Brennelemente waren im er-

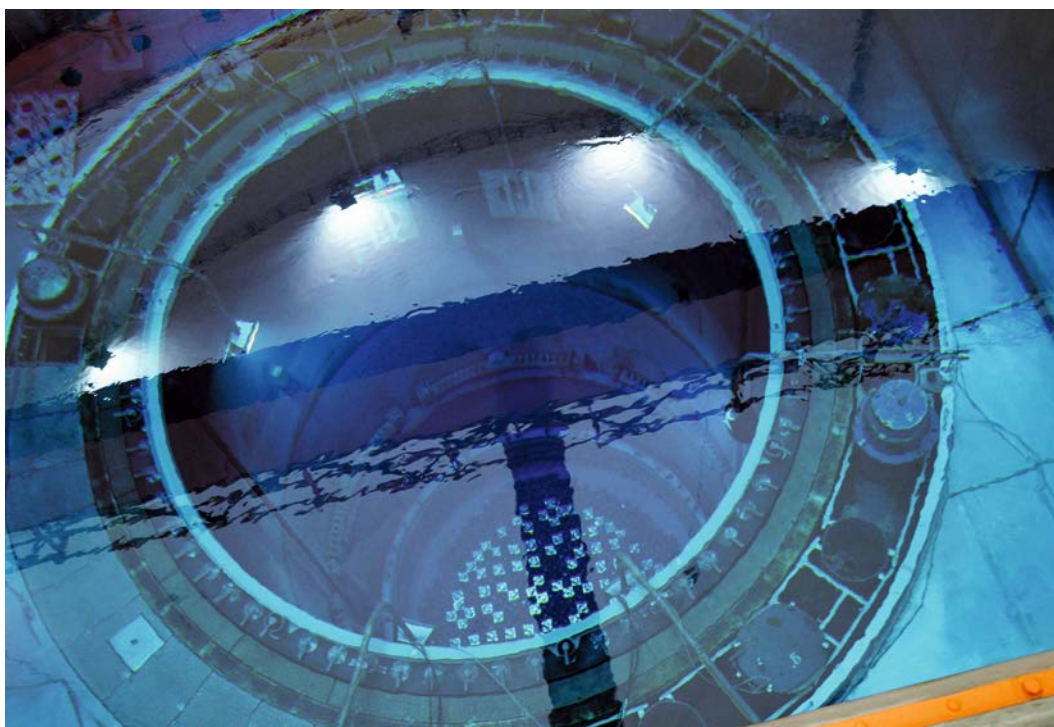
warteten Bereich und bestätigten damit das auslegungsgemässe Verhalten. Sie können weiter im Reaktor eingesetzt werden.

Die permanenten Analysen der Wasserchemie zeigten die Integrität der Steuerstäbe. Das KKL ersetzte 13 Steuerelemente. Damit wird gewährleistet, dass alle Steuerelemente bis zum Ende des aktuellen Betriebszyklus unterhalb der freigegebenen Abbrandlimite bleiben.

Im Berichtszeitraum 2020 wurde der Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnung überein. Die Betriebsgrenzen wurden eingehalten.

3.4 Strahlenschutz

Im KKL werden im Vergleich zu den anderen Anlagen aus der BWR-6-Flotte durchschnittlich höhere jährliche Kollektivdosen akkumuliert, weil die Systeme des KKL konstruktionsbedingt stärker mit Co-60 kontaminiert sind. Pandemiebedingt wurde die Jahreshauptrevision 2020 verkürzt durchgeführt. Das führte im Berichtsjahr zu einer entsprechend geringeren Kollektivdosis sowohl für die Revision als auch für das ganze Betriebsjahr. Insgesamt betrug die Kollektivdosis 1255 Pers.-mSv. Die maximale Individualdosis lag bei 10 mSv. Der Strahlenschutz des KKL bewährte sich auch unter den gegebenen anspruchsvollen Bedingungen.



Offener Kern.
Bild: KKL

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Abgabelimite. Die gleiche Aussage 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 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 0,003 mSv für Erwachsene und für Zehnjährige sowie 0,005 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 betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die Thermolumineszenz-Dosimeter, die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerksareals angebracht sind, zeigten mit einem Höchstwert von 0,02 mSv pro Woche einen vergleichbaren Höchstwert wie im Vorjahr. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen an der Umzäunung des KKL durch, die ebenfalls keine signifikanten Veränderungen zeigten. Die Messungen der Betreiberin 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 2020 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 Nachrü-

stungsmassnahmen und von den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Im Berichtsjahr fielen 62 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 6 m³ im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brennbar und weitere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in 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 angewendeten Verfahren liegen die behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden 134 Gebinde zementiert.

Die konditionierten Abfallgebinde werden im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKL nutzt zudem die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers der Zwiilag. Im Berichtsjahr wurden 105 Fässer mit konditionierten Abfällen dorthin transferiert. Bei der jährlichen Inspektion des Lagergutes 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 Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKL wurden im Berichtsjahr insgesamt 74,8 t Material freigemessen. Bestrahlte Brennelemente werden nach einigen Jahren Lagerung im werkseigenen Brennelementbecken in Transport- und Lagerbehälter verpackt und in das zentrale Zwischenlager der Zwiilag zur Trockenlagerung überführt. Im Berichtsjahr fanden keine Transporte 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 -einrichtun-

gen zusammen mit einer entsprechenden Auslegung der Anlage hat das KKL die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Im Zusammenhang mit der Covid-19-Pandemie und der damit einhergehenden Einschränkungen aufgrund des Lockdowns im Frühjahr 2020 forderte das ENSI das KKL im April auf darzulegen, wie die Mindestpersonalbestände für die Notfallorganisation unter den gegebenen Umständen und innerhalb der vorgegebenen Fristen erreicht werden können und wie die Bereitschaft über einen längeren Zeitraum für mehrere denkbare Einsätze aufrechterhalten werden kann. Das KKL konnte nachvollziehbar belegen, dass die Anforderungen an die Einsatzbereitschaft gemäss der Notfallschutzverordnung und der Richtlinie ENSI-B12 erfüllt waren und sich somit die Notfallbereitschaft des KKL auch während der Pandemielage auf einem hohen Niveau befand.

Das ENSI beobachtete und beurteilte die Notfallorganisation des KKL im September 2020 im Rahmen der Werksnotfallübung JAKOBUS. Das Übungsregime musste aufgrund der Pandemielage angepasst werden. So fand beispielsweise die vorgesehene Evakuierung exemplarisch nur für ein Gebäude mit wenigen Mitarbeitern statt. Das wichtigste Element des Übungsszenarios war der Absturz eines entführten Flugzeuges auf das Fasslagergebäude des KKL. Die Beschädigungen am Gebäude und den eingelagerten Fässern mit schwach- und mittelaktiven Abfällen führten infolge des entstehenden Kerosinbrandes zu nicht bilanzierten radioaktiven Abgaben und erforder-

ten Strahlenschutzmassnahmen auf dem Areal. Bei der vorsorglich angeordneten Räumung der Anlage verletzten sich mehrere Personen, die versorgt werden mussten. Zum Zeitpunkt des Absturzes war die Anlage bereits durch eine manuell ausgelöste Reaktorschnellabschaltung abgestellt worden. Verschiedene durch den Absturz verursachte beziehungsweise wartungsbedingte Nichtverfügbarkeiten von Systemen und Komponenten erforderten entsprechende Massnahmen zur Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr. Die vorgegebenen Übungsziele für Werksnotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 wurden erreicht. Das KKL verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im Oktober 2020 zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren. Ferner löste das ENSI im November 2020 ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKL aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werksnotfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

3.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr erhöhte sich der Personalbestand des KKL, nach einem Rückgang in den Vorjahren, auf 514 Personen, die 506 Vollzeitstellen besetzten (Ende 2019: 497). Das KKL setzte das ENSI im Rahmen eines Sicherheitskulturprojekts über auf den 1. Januar 2021 geplante Organisationsänderungen



*Veranstaltung der Word Association of Nuclear Operators mit Corona-Schutzmassnahmen.
Bild: KKL*

in Kenntnis. Zielsetzungen sind insbesondere die Trennung von ausführenden und überwachenden Aufgaben, die Straffung der Führungsspanne, die interne Zentralisierung und Schaffung von Synergien sowie die Reduktion von Komplexität.

Das ENSI gab die hierfür erforderlichen Änderungen des Kraftwerksreglements frei.

Aufgrund der Häufung von Vorkommnissen mit wesentlichen Ursachen im Bereich Mensch und Organisation legt das ENSI seit 2015 einen Aufsichtsschwerpunkt auf die Umsetzung und Wirksamkeit der diesbezüglichen Verbesserungsmaßnahmen des KKL. Dies betraf im Berichtsjahr die konsequente Umsetzung und Wirksamkeit der vom KKL eingeleiteten Massnahmen im Rahmen des oben erwähnten Sicherheitskulturprojekts. Das KKL erzielte Fortschritte bei der Erarbeitung von Methoden zur Wirksamkeitskontrolle seiner Massnahmen. Ferner richtete sich der Fokus der Aufsicht vermehrt auch auf wirksame Verbesserungen bei der Betriebsführung auf den Sicherheitsebenen 1 und 2 der gestaffelten Sicherheitsvorsorge.

Das Managementsystem des KKL besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001: 2015. Die Rezertifizierung fand im Jahr 2019 statt. Das ENSI führte 2020 eine Inspektion zum Managementsystem mit dem Schwerpunktthema Auditprozesse durch. Es prüfte, ob und wie die Regelungen zur Planung, Vorbereitung, Durchführung von Audits sowie die Nutzung der entsprechenden Ergebnisse im Managementsystem die Vorgaben der Kernenergieverordnung und der Richtlinie ENSI-G07 erfüllen und wie die Erkenntnisse aus Audits zur Bewertung der Wirksamkeit und kontinuierlichen Verbesserung des Managementsystems im Sinne des gesamtorganisationalen Lernens genutzt werden. Dabei zeigte sich Verbesserungsbedarf im Bereich der Zusammenführung und kombinierten Auswertung von Ergebnissen der Audits und anderen Betriebserfahrungen im Rahmen der Beurteilung der Wirksamkeit und der laufenden Verbesserung des Managementsystems. Das ENSI formulierte eine entsprechende Forderung.

Im Berichtsjahr fanden im KKL keine Zulassungsprüfungen statt. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI führte eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2019 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2020 der Abteilung Betrieb durch. Gegenstand der Inspektion waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wieder-

holungsschulung am Simulator und die allgemeine Wiederholungsschulung sowie deren Änderungen und Neuerungen. Ferner wurde die Ausbildung des Personals der Abteilung Maschinentechnik auf die Einhaltung der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Die Ausbildungsprogramme des KKL in den inspizierten Bereichen erfüllten die Anforderungen.

3.8 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2020 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 zusammenfassenden Beurteilungen:

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

Sicherheitsbewertung 2020 KKL:

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

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

Sicherheitsbewertung 2020 KKL: Schutzziel-Perspektive

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

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommissionen 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 Unterkapitel 3.2 genannte 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 liegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als gut.

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

Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

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



*Kernkraftwerk
Mühleberg.
Foto: KKM*

4. Kernkraftwerk Mühleberg

4.1 Überblick

Gut drei Monate nach Ende des Leistungsbetriebs am 20. Dezember 2019 wurden der Reaktorkern entladen und die Brennelemente ins interne Lagerbecken transferiert. Das Berichtsjahr stand bis zum 15. September 2020 im Zeichen der Etablierung des technischen Nachbetriebs, der bis zum Abtransport der letzten Brennelemente aufrechterhalten wird. Im Zentrum des technischen Nachbetriebs steht die Gewährleistung aller Schutzziele zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit. Am 14. September 2020 stellte das ENSI an einer Inspektion fest, dass das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) endgültig ausser Betrieb genommen wurde und die Voraussetzungen für den Beginn der Stilllegungsphase 1 am 15. September erfüllt waren. Mit dem Beginn dieser Phase erlosch die Gültigkeit der Betriebsbewilligung des KKM vom

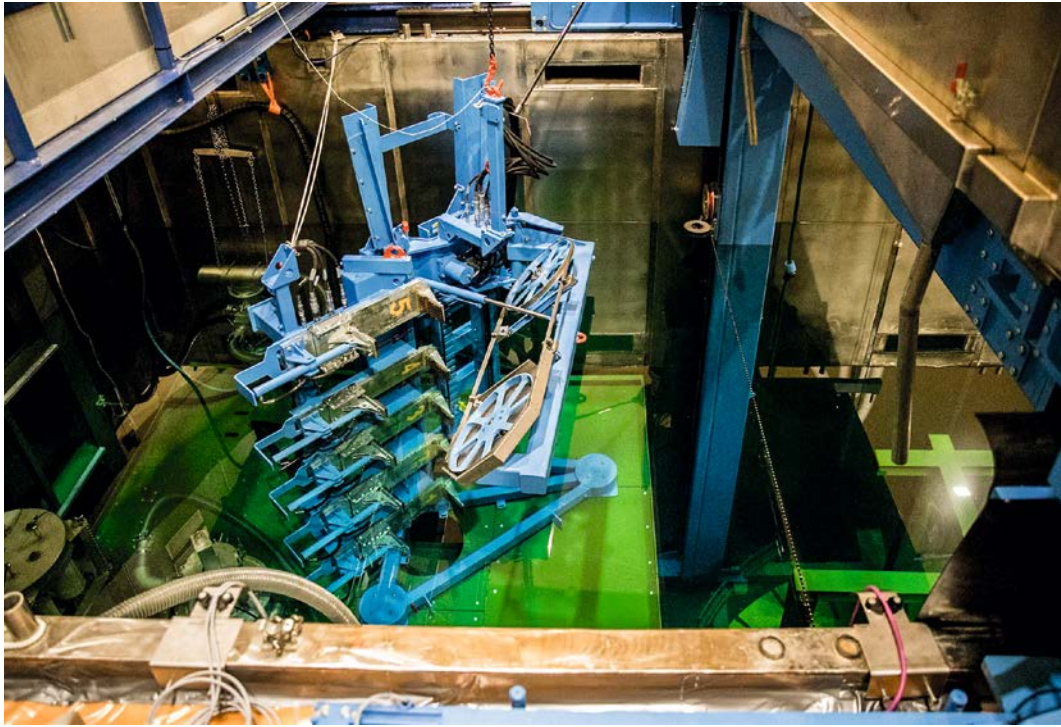
14. Dezember 1992. Rechtliche Grundlage für die Stilllegung ist die Verfügung des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) vom 20. Juni 2018. Die Stilllegungsphase 1 dauert bis zum Abtransport der letzten Brennelemente.

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 Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit 107 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Die für beruflich strahlenexponierte Personen geltenden Dosisgrenzwerte wurden eingehalten.

Werkzeuge für das
Zerlegen der
Kerneinbauten unter
Wasser.
Foto: KKM



Die radioaktiven Abgaben lagen deutlich unterhalb der in den Abgabereglementen festgelegten Grenzwerte.

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

4.2 Vorkommnisse

Im Berichtsjahr waren vier meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, die das ENSI auf der internationalen Ereignisskala INES alle der Stufe 0 zuordnete.

■ Am 29. März 2020 wurden die Leistungseinschübe der Pumpen der Niederdruckeinspeisesysteme wie geplant im Rahmen der Entladung des Reaktorbehälters, in Übereinstimmung mit der Technischen Spezifikation, ausgefahren. Das Ausfahren der Einschübe hätte im Falle einer fehlerhaften, automatischen Anforderung der Niederdruckeinspeisesysteme deren Anlaufen verhindert und damit ein mögliches Überfüllen des geöffneten Reaktorbehälters. Hydraulisch blieben die Systeme einspeisebereit. Die Technische Spezifikation verlangte zudem, dass die Verfügbarkeit der Systeme innerhalb einer Stunde wiederhergestellt werden kann. Damit wäre die für den Fall eines Ausfalls der Brennelementbeckenkühlung vorgesehene Funktion der Niederdruckeinspeisesysteme

im Rahmen der Notkühlung des Beckens gewährleistet gewesen. Am 21. April wurde der Leistungseinschub einer Niederdruckeinspeisepumpe für die monatliche Funktionsprüfung eines Niederdruckeinspeisesystems wieder eingefahren. Infolge eines defekten Schalters konnte der Einschub jedoch nicht in Betrieb genommen werden. Nach Austausch des Einschubs innerhalb der massgeblichen Frist der Technischen Spezifikation verlief die Prüfung normal. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die temporäre Nichtverfügbarkeit eines Niederdruckeinspeisesystems 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».

■ Infolge einer Leckage an einem Kompensator nach einer Pumpe war das Hilfskühlwassersystem am 9. Mai 2020 während gut fünf Stunden nicht verfügbar. Kompensatoren dienen dem Ausgleich von Relativbewegungen verschiedener Teile von Rohrleitungen. Das fehlende Hilfskühlwasser führte zu einem Unterbruch der Wärmeabfuhr aus dem Brennelementbecken, dessen Wassertemperatur von 29,6 °C auf 31,9 °C anstieg. Der Maximalwert lag damit unter dem Grenzwert der Technischen Spezifikation von 60 °C. Bei einer linearen Extrapolation des Temperaturanstiegs wäre der

Grenzwert ohne Wärmeabfuhr nach rund 70 Stunden erreicht worden. Damit hätte bei einer längeren Nichtverfügbarkeit des Hilfskühlwassersystems genügend Zeit zur Verfügung gestanden, um die Wärmeabfuhr mittels Kühlwasser aus dem Hochreservoir vor Erreichen des Grenzwerts sicherzustellen. Nach Ersatz des Kompensators und der Wiederinbetriebnahme des Hilfskühlwassersystems verlief die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementbecken wieder normal. Die massgeblichen Fristen der Technischen Spezifikation wurden eingehalten. Das methodisch ungeeignete Wiederholungsprüfprogramm begünstigte das Versagen des aus Gummi gefertigten Kompensators. Mit der vorgeschriebenen visuellen Prüfung kann eine Versprödung des Gummis nicht erkannt werden. Das ENSI verlangte vom KKM den Einsatz einer geeigneten Prüfmethode sowie eine Überprüfung der Einsatzdauer von Kompensatoren aus Gummi und der Intervalle für deren Prüfung. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung sowohl die temporäre Nichtverfügbarkeit des Hilfskühlwassersystems als auch den schadhafte Kompensator 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». Das zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit des Kompensators ungeeignete Wiederholungsprüfprogramm ordnete das ENSI der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt der Betriebsvorgaben mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1, 2 und 3 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

- Die im Nachgang zum Vorkommnis im Zentralen Zwischenlager Würenlingen vom 7. Juli 2020 (siehe Unterkapitel 5.7) vom KKM durchgeführten Abklärungen zeigten am 20. Juli, dass auch im KKM ein vergleichbares meldepflichtiges Vorkommnis vorlag. Die nicht berücksichtigten Änderungen im Sicherheitsbericht des Brennelement-Transportbehälters führten im KKM dazu, dass die Breite der Auflagefläche der Kranlaschen auf den Behältertragzapfen den im Sicherheitsbericht vorgegebenen Mindestwert unterschritt. Im Berichtsjahr fanden der Planung entsprechend keine Handhabungen von Transportbehältern mit den betroffenen Kranlaschen statt. Vor der Wiederaufnahme hat das KKM die

Auswirkungen der nicht den Anforderungen des Sicherheitsberichts entsprechenden Kranlaschen umfassend zu analysieren und die Ergebnisse dem ENSI einzureichen. Des Weiteren sind die der Spezifikation zugrunde liegende Auslegung und die Vorgaben im Sicherheitsbericht zu überprüfen und gegebenenfalls überarbeitet dem ENSI zur Freigabe einzureichen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Nichtberücksichtigung der Änderungen im Sicherheitsbericht sowie die daraus resultierenden technischen Auswirkungen der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt der Auslegungsvorgaben beziehungsweise des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Zur Kühlung und Reinigung des Wassers im Brennelementbecken verfügt das KKM über zwei Kreisläufe mit Filtern, in denen Ionenaustauscher unerwünschte gelöste Stoffe entfernen. Für eine Reparatur an einer Pumpe wurde einer der Kreisläufe am 10. November 2020 ausser Betrieb genommen und der zugehörige Filter abgesperrt. Bei der Ausserbetriebnahme erfolgte eine Rückspülung des Filterbehälters zur Entfernung der gebrauchten Ionenaustauscherharze. Nach Abschluss der Reparatur am 11. November fand keine Beladung des Filters mit frischen Ionenaustauschern statt. Der Filter blieb abgesperrt. Da die Anlage zu diesem Zeitpunkt bereits seit mehr als zehn Monaten ausser Betrieb war und die Wärmeleistung der Brennelemente im Becken dementsprechend stark abgenommen hatte, genügte zur Kühlung ein Kreislauf. Am 7. Dezember sollte der genannte Filter wieder mit frischen Ionenaustauschern gefüllt werden. Dabei füllt ein Operateur die Ionenaustauscher in einen speziellen Behälter, aus dem sie anschliessend in den Filter geschwemmt werden. Bei der Vorbereitung dieser Befüllung kam es zu einem unvorhergesehenen Austritt von radioaktivem Wasser aus dem Anschwemmbehälter. Nach der zeitnahen Entfernung des ausgetretenen Wassers zeigten Messungen des Strahlenschutzes am 8. Dezember eine Oberflächenkontamination, die bis zum Abschluss der Dekontamination eine meldepflichtige, temporäre Zone des Typs IV erforderlich machte. Die Entfernung des Wassers erfolgte ohne Beizug des Ressorts Strahlenschutz. Da das Betriebspersonal nicht über die Spezial-

Entfernung der
Abdecksteine oberhalb
des Reaktors.
Foto: KKM



kenntnisse des Strahlenschutzpersonals verfügt, hatte es die radiologische Situation nicht korrekt beurteilt und vorerst nur eine Zone des Typs II eingerichtet. Dementsprechend wurden die für die gegebene radiologische Situation erforderlichen Schutzmassnahmen nicht getroffen. Das Vorkommnis hatte trotz dieser Mängel nur geringe Individualdosen von weniger als 20 Mikrosievert und keine messbare Inkorporation von Radionukliden zur Folge. Die physikalische Ursache für den Wasseraustritt war ein Druckaufbau im betroffenen Filter infolge nicht absolut dicht schliessender Absperrventile während der 27 Tage dauernden Absperrung gegen druckführende Systemteile. Der Wechsel der Ionenaustauscherharze wird durch einen Programmgeber gesteuert. Das Programm umfasst insgesamt elf Schritte. Da bei der Reparatur im November noch nicht bekannt war, wann der betroffene Kreislauf wieder in Betrieb genommen wird, gab es dafür keine alle Details abdeckenden schriftlichen Anweisungen. Nach dem Entfernen der gebrauchten Harze wurde der Programmgeber deshalb in der Stellung «Rückspülen beendet» belassen, obwohl der Anlagezustand die Stellung «Filter abgesperrt» erfordert hätte. Am 7. Dezember führte bei der Vorbereitung der Füllung des Filters mit frischen Harzen der Operateur den nächstfolgenden Schritt «Homogenisieren» des Programmgebers aus. Da der Filter unter Druck stand, kam es dabei zum Austritt des kontaminierten Wassers. Zur Verhinderung vergleichbarer Vorkomm-

nisse ergänzte das KKM die allgemeingültigen Betriebsvorschriften für alle drei potenziell betroffenen Filtertypen mit einem Hinweis auf den möglichen Druckaufbau und das korrekte Vorgehen zum Druckabbau. Zudem wird das KKM die massgebliche Störfallanweisung präzisieren, um zukünftig bei allfälligen vergleichbaren Vorfällen den sofortigen Einbezug des Strahlenschutzes sicherzustellen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den vorübergehend nicht korrekten Zonentyp 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». Den verspäteten Beizug des Strahlenschutzes und die in der Folge ungenügenden Schutzmassnahmen ordnete das ENSI der Kategorie A zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 2 sowie die Schutzziele «Einschluss radioaktiver Stoffe» und «Begrenzung der Strahlenexposition». Die durch die unvollständige Arbeitsvorbereitung begünstigte falsche Stellung des Programmgebers ordnete das ENSI ebenfalls der Kategorie A zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 sowie das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».



Aushub des
Generator-Stators.
Foto: KKM

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 Anlageänderungen für die autarke redundante Brennelementbeckenkühlung (Arbek) wurden im Berichtsjahr abgeschlossen. Die Inbetriebnahme verlief erfolgreich. Die Arbek stellt die Kühlung der sich im Becken befindenden Brennelemente bis zum Abtransport sicher. Die Arbek beruht wesentlich auf bereits während des Leistungsbetriebs benutzten Komponenten, die entsprechend den Anforderungen der Stilllegungsphase 1 ergänzt beziehungsweise neu konfiguriert wurden. Im Rahmen der für die Arbek erforderlichen Anlageänderungen erfolgte auch eine seismische Ertüchtigung der Abtrennung des Beckens gegen die Reaktorgrube bei unterschiedlichen Füllständen.

Die Arbek besteht im Wesentlichen aus zwei unabhängigen Teilen, der betrieblichen Kühlung Arbek-B und dem für die Beherrschung von Störfällen ausgelegten Brennelementbecken-Sicherheitskühlsystem Arbek-S. In beiden Fällen erfolgt die Wärmeabfuhr über je einen Zwischenkühlkreislauf zur Gewährleistung des Schutzziels «Einschluss radioaktiver Stoffe». Das Arbek-S führt die Wärme aus dem Becken über die 2016 installierten Einhängenkühler an einen Zwischenkühlkreis-

lauf des bisherigen Notstandsystems SUSAN ab. Die Wärmeabfuhr über Einhängenkühler entspricht dem im Nasslager des Kernkraftwerks Gösgen angewandten Prinzip, mit dem Unterschied, dass im KKM die Zirkulation des Kühlwassers durch Pumpen erfolgt und nicht durch Naturumlauf. Das Arbek-S ist notstromgesichert und erdbebensicher aufgebaut. Zusätzlich besteht die Möglichkeit einer Notfallbespeisung des Brennelementbeckens. Sie hält das Wasserniveau im Becken, falls bei einem auslegungsüberschreitenden Störfall die Wärme durch Verdampfung abgeführt werden müsste.

Weiter demonitierte das KKM verschiedene, nicht mehr benötigte Komponenten, beispielsweise die Turbinen, die Generatoren und die Blocktransformatoren, welche die Anlage mit dem 220-kV-Netz verbanden. Die Stromversorgung der Anlage erfolgt neu ab dem Mittelspannungsnetz. Im Hinblick auf die spätere Zerlegung der Einbauten im Reaktordruckbehälter erfolgte die Installation von dafür benötigten Einrichtungen.

4.4 Brennelemente

Nach Einstellung des Leistungsbetriebs am 20. Dezember 2019 öffnete das KKM den Reaktordruckbehälter am 27. März 2020 zur Entladung des Reaktorkerns. Seit dem 1. April befinden sich alle Brennelemente aus dem letzten Betriebszyklus zusammen mit Elementen aus früheren Zyklen im Brennelementlagerbecken. Die Entwicklung



des Inventars an Radionukliden in den Brennelementen seit Ende des Leistungsbetriebs zeigt folgendes Bild: In den ersten Monaten zerfielen kurzlebige, nicht durch den Zerfall langlebiger Mutternuklide laufend neu gebildete Radionuklide vollständig. Wichtige Beispiele dafür sind I-131 und die radioaktiven Edelgase mit Ausnahme von Kr-85. Die Zusammensetzung des Nuklidinventars änderte sich dabei rasch und signifikant. Der weitere Verlauf war geprägt durch den Zerfall von Radionukliden mit Halbwertszeiten im Bereich von einigen Wochen bis einigen Monaten. Dementsprechend nahm das Inventar langsamer ab und Änderungen seiner Zusammensetzung erfolgten ebenfalls deutlich langsamer als in der Anfangsphase. Das Inventar an langlebigen Nukliden, beispielsweise Sr-90, Cs-137 und Pu-239, veränderte sich nur unwesentlich. Die durch den Zerfall von Radionukliden erzeugte Wärmeleistung der Brennelemente nimmt laufend ab und lag Ende des Berichtsjahres unter 0,5 Megawatt.

4.5 Strahlenschutz

Für das KKM war das Jahr 2020 geprägt durch die Etablierung des technischen Nachbetriebs, gefolgt vom Beginn der eigentlichen Stilllegung und den damit verbundenen Vorbereitungsmaßnahmen. Für die Strahlenschutzaufsicht bedeutete dies vor allem die Beurteilung von Grundlagendokumenten des Strahlenschutzes, die Bewertung von Messkonzepten und -prozessen sowie die Freigabe von für den Rückbau erforderlichen Einrichtungen. Die akkumulierten Kollektiv- und Individualdosen

lagen im geplanten Bereich. Insgesamt betrug die Kollektivdosis 458 Pers.-mSv. Die maximale Individualdosis lag bei 6,6 mSv. Der operative Strahlenschutz arbeitete zweckmässig.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod 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 Iod- und Aerosolfiltern durch. Sie stimmten mit den vom KKM gemeldeten Analyseergebnissen überein. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKM unter ungünstigen Annahmen. Die potenziellen Jahresdosen betragen rund 0,003 mSv für Erwachsene, Zehnjährige und Kleinkinder und lagen somit deutlich unter dem quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr gemäss 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 Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), welche an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals angebracht sind, zeigten mit einem Höchstwert von 0,007 mSv pro Woche einen gegenüber dem Vorjahr tieferen Wert. Der niedri-

gere Wert ist auf die Einstellung des Leistungsberriebs im Dezember 2019 und den damit verbunde- nen Wegfall des kurzlebigen Radionuklids N-16 zurückzuführen. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen am Zaun des Kraftwerksareals durch. Die Messungen zeigten vereinzelte, tempo- räre Erhöhungen der Ortsdosisleistung, die auf die Rückbauarbeiten zurückzuführen sind. Die Mes- sungen der Betreiberin und des ENSI gaben keinen Hinweis auf eine Verletzung der nach Artikel 79 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung anzuwen- denden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrah- lung 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 2020 des ENSI verwiesen.

4.6 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKM regelmässig aus dem Betrieb von Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Wei- tere Abfälle stammen aus den Rückbauaktivitä- ten und den dabei verwendeten Verbrauchsmate- rialien. Im Berichtsjahr fielen 71 m³ radioaktive Rohabfälle an (siehe Tabelle 6). Die Abfallmenge entsprach den Erwartungen aufgrund der durch- geführten Arbeiten.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschlies- send zwischengelagert. Das KKM bewahrt die un- konditionierten Abfälle in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone auf. Ihr Bestand lag mit 60 m³ im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brennbare und weitere Roh- abfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in den Anlagen der Zwiilag bereitgestellt und dort- hin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren für die Betriebs- und Nachbetriebsabfälle kommt im KKM haupt- sächlich die Zementierung zum Einsatz. Ferner werden auch Stilllegungsabfälle in Betoncon- tainern in die Zwiilag transferiert, zur späteren Ze- mentierung in der Konditionierungsanlage der Zwiilag. Die erforderlichen behördlichen Typenge- nehmigungen liegen sowohl für Betriebs- als auch für Stilllegungsabfälle vor. Im Berichtsjahr wurden 31 Gebinde mit Harzen konditioniert und vier Be- toncontainer mit Stilllegungsabfällen gefüllt.

Die konditionierten Abfallgebinde werden in das werkseigene Zwischenlager eingelagert. Das KKM nutzt zudem die Kapazitäten des Zentralen Zwischenlagers der Zwiilag. Im Berichtsjahr wur- den 685 konditionierte Abfallgebinde dorthin transferiert. Bei der jährlichen Inspektion des La- gerguts im KKM ergaben sich keine meldepflich- tigen Befunde. Die radioaktiven Abfälle des KKM sind in einem von allen schweizerischen Kernanla- gen eingesetzten elektronischen Buchführungs- system erfasst, sodass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Wichtig bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Mate- rialien aus der kontrollierten Zone. Im KKM wur- den im Berichtsjahr insgesamt 2232 t Material freigemessen.

Im Berichtsjahr fanden keine Transporte abge- brannter Brennelemente zur Trockenlagerung im Lager für hochaktive Abfälle der Zwiilag statt (siehe Kapitel 8).

4.7 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des KKM ist für die Bewäl- tigung aller Notfälle innerhalb des Werksareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisa- tion, geeigneten Führungsprozessen und -ein- richtungen zusammen mit einer entsprechenden Auslegung der Anlage hat das KKM die Notfall- bereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Im Zusammenhang mit der Covid-19-Pandemie und den damit einhergehenden Einschränkungen aufgrund des Lockdowns im Frühjahr 2020 for- derte das ENSI das KKM im April 2020 auf darzu- legen, wie die Mindestpersonalbestände für die Notfallorganisation unter den gegebenen Umstän- den und innerhalb der vorgegebenen Fristen er- reicht werden können und wie die Bereitschaft über einen längeren Zeitraum für mehrere denk- bare Einsätze aufrechterhalten werden kann. Das KKM konnte nachvollziehbar belegen, dass die An- forderungen an die Einsatzbereitschaft gemäss der Notfallschutzverordnung und der Richtlinie ENSI- B12 erfüllt waren und sich somit die Notfallbereit- schaft des KKM auch während der Pandemielage auf einem hohen Niveau befand.

Das ENSI beobachtete und beurteilte die Notfall- organisation des KKM im November im Rahmen der Werksnotfallübung JUPITER. Das Übungsre- gime musste aufgrund der Pandemielage ange-

passt werden. So wurden die beübten Notfallgruppen auf den gemäss der Richtlinie ENSI-B12 vorgegebenen Mindestbestand reduziert und arbeiteten räumlich getrennt.

Der Notfallstab war von Beginn an mit komplexen Problemstellungen konfrontiert. Das Szenario unterstellte fünf voneinander unabhängige Ereignisse. Zunächst verunfallte ein Fahrzeug, das ein Abfallgebinde mit radioaktivem Material transportierte. Dabei wurden der Fahrer verletzt und das Fass beschädigt. Kurze Zeit später fielen aufgrund von Kurzschlüssen zwei Schienen der elektrischen Eigenbedarfsversorgung längerfristig aus. Zusätzliche Nichtverfügbarkeiten von Systemen und Komponenten führten zum Ausfall der Brennelementbeckenkühlung. Daher musste der Notfallstab alternative Möglichkeiten zur Sicherstellung der Kühlung mittels Accident-Management-Massnahmen evaluieren. Die Kühlung der Notstromdiesel war ebenfalls nicht gewährleistet, da das Kühlsystem aufgrund einer Verstopfung am Kühlwasserauslauf nicht zur Verfügung stand. Das KKM stufte die Ereignisse korrekt ein und meldete sie zeitgerecht an das ENSI. 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 2020 zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren. Ferner löste das ENSI im November 2020 ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKM aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Notfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

4.8 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr verringerte sich der Personalbestand im KKM auf 296 Personen, die 288 Vollzeitstellen besetzen (Ende 2019: 307). Dieser Rückgang ist angesichts der laufenden Stilllegung und des begonnenen Rückbaus des KKM nachvollziehbar und stellt die nukleare Sicherheit nicht in Frage.

Das Managementsystem des KKM besitzt eine Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2015. Es wurde im Jahr 2020 aufgrund umfangreicher Prozessänderungen (vom Kernprozess

Betrieb zum Kernprozess Stilllegung) rezertifiziert. Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Inspektion im Bereich des Managementsystems mit dem Schwerpunktthema Auditprozesse durch. Es prüfte, ob und wie die Regelungen zur Planung, Durchführung und Dokumentation von Audits sowie die Nutzung der entsprechenden Ergebnisse im Managementsystem die Vorgaben der Kernenergieverordnung und der Richtlinie ENSI-G07 erfüllen und wie die Vorgaben des Auditprozesses von der Betriebsorganisation umgesetzt werden. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

Im Berichtsjahr fanden im KKM keine Zulassungsprüfungen für Betriebspersonal mehr statt. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI führte eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2019 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2020 in der Abteilung Anlage für das Ressort Betrieb durch. Gegenstand der Inspektion waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung sowie Änderungen und Neuerungen. Ferner wurde die Ausbildung des Personals des Ressorts Engineering innerhalb der Abteilung Anlage auf die Einhaltung der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Die Ausbildungsprogramme des KKM in den inspizierten Bereichen erfüllten die Anforderungen.



Zentrales
Zwischenlager
Würenlingen.
Foto: Zwilag

5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen

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

5.1 Zwischenlagergebäude

Die Zwischenlagergebäude der Zwilag dienen der Lagerung von abgebrannten Brennelementen und 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 mittel-

aktive Abfälle (SAA-/MAA-Lager). Zum Zwischenlager gehören auch das Empfangsgebäude und die Heisse Zelle.

Im Berichtsjahr wurde kein Transport- und Lagerbehälter (T/L-Behälter) mit abgebrannten Brennelementen im HAA-Lager eingelagert. Ende 2020 betrug der Lagerbestand 69 T/L-Behälter, davon elf CASTOR®- und zwölf TN®-Behälter mit insgesamt 632 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen, 45 T/L-Behälter mit insgesamt 3212 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 2020 rund 34 %. Neben den erwähnten T/L-Behältern mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen befinden sich in der Behälterlagerhalle seit

September 2003 auch die sechs Grossbehälter mit Stilllegungsabfällen aus dem ehemaligen Versuchsatomkraftwerk Lucens.

Die Ausbauarbeiten für die Inbetriebnahme des Lagergebäudes S als SAA- und MAA-Lager wurden Ende 2019 abgeschlossen. Das ENSI erteilte Ende Mai 2020 die Betriebsfreigabe. Nach einer erfolgreichen Kalthandhabung im ersten Quartal konnte das Lagergebäude S am 1. Juli planmässig in Betrieb genommen werden. Seit diesem Zeitpunkt werden Abfallgebinde eingelagert.

Im Berichtsjahr fanden 74 Anlieferungen von konditionierten Gebinden zur Einlagerung in den Gebäuden M und S statt. Ende 2020 betrug die Ausnutzung des Lagergebäudes M 47,5 %. Viele der im Lagergebäude M eingelagerten Gebinde erfüllen auch die Annahmebedingungen des Lagergebäudes S und könnten somit umgelagert werden. Ende 2020 war das Lagergebäude S zu 1,3 % belegt.

5.2 Konditionierungsanlage

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

Betriebsabfälle aus den KKW, die nicht als verbrennbarer oder schmelzbarer Abfall direkt in der Plasma-Anlage verarbeitet werden können oder nicht für die Verarbeitung in der Plasma-Anlage

vorgesehen sind, werden hier der Konditionierung beziehungsweise der Dekontamination mit unterschiedlichen Behandlungsverfahren unterzogen. Das Ziel ist es, eine möglichst grosse Menge als inaktives Material freizumessen 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 45,7 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 als inaktiv freigemessen.

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 aus der Verarbeitung zugeführt.

5.3 Plasma-Anlage

Aufgabe der Plasma-Anlage ist es, brenn- und schmelzbare schwachaktive Abfälle durch sehr hohe Temperaturen in eine inerte Schlackenmatrix ohne organische Stoffanteile zu überführen. Dieses Produkt stellt nach entsprechender Verpackung eine zwischen- und endlagerfähige Abfallform dar. Zur Verarbeitung gelangen Abfälle aus dem Betrieb der schweizerischen KKW sowie aus Medizin, Industrie und Forschung.

Im Berichtsjahr wurde in der Plasma-Anlage eine Kampagne durchgeführt. Die Arbeiten verliefen planmässig, was sich in der spezifikationsgerech-

*Im Empfangsgebäude werden Behälter für die Lagerung vorbereitet.
Foto: Zwiilag*



ten Verarbeitung von 621 Abfallfässern zu 139 konditionierten Gebinden ausdrückte.

5.4 Strahlenschutz

Das ZZL setzte das Optimierungsprinzip konsequent um. Geplante Arbeiten wurden umorganisiert, sodass als Folge die Kollektivdosis mit 15 Pers.-mSv geringer als ursprünglich geplant ausfiel. Die maximale Individualdosis lag bei 1,6 mSv. Das ENSI bewertet den praktizierten Strahlenschutz als erfolgreich.

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 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 der Betreiberin 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 2020 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.

Im Zusammenhang mit der Covid-19-Pandemie und der damit einhergehenden Einschränkungen aufgrund des Lockdowns im Frühjahr 2020 forderte das ENSI die Zwiilag im April dazu auf darzulegen, wie die Mindestpersonalbestände für die Notfallorganisation unter den gegebenen Umständen und innerhalb der vorgegebenen Fristen erreicht werden können und wie die Bereitschaft über einen längeren Zeitraum für mehrere denkbare Einsätze aufrechterhalten werden kann. Die Zwiilag konnte nachvollziehbar belegen, dass die Anforderungen an die Einsatzbereitschaft gemäss der Notfallschutzverordnung und der Richtlinie ENSI-B12 erfüllt waren und sich somit die Notfallbereitschaft der Zwiilag auch während der Pandemielage auf einem hohen Niveau befand.

Das ENSI beobachtete und überprüfte die Notfallorganisation der Zwiilag im Oktober 2020 an der Stabsnotfallübung ORION. Das Übungsregime musste aufgrund der Pandemielage angepasst werden. So wurden die beübten Notfallgruppen auf den gemäss der Richtlinie ENSI-B12 vorgegebenen Mindestbestand reduziert und auf verschiedene Räumlichkeiten verteilt.

Das Szenario unterstellte den Normalbetrieb der Zwiilag mit einer laufenden Plasma-Kampagne. Die Plasma-Anlage sollte mit einem Test-Fass beschickt werden. Deshalb bestand das Risiko des Verstopfens des Abhitzekessels. Aus diesem Grund wurde vorsorglich die Bodenluke oberhalb des Abhitzekessels geöffnet, um eine schnelle Intervention mit der Putzlanze zu ermöglichen. Bei einem Rundgang liess ein Mitarbeiter versehentlich sämtliche Türen offen. Ebenso stand die Tür des Zugangs zum Dach des Gebäudes V offen, wo sich noch ein Mitarbeiter befand. Durch austretendes Thermalöl aus einer plötzlich abgerissenen Ölleitung kam es zu einer Explosion mit Folgebrand. Durch die Explosion wurde die Rauchgasleitung abgerissen. Das Rauchgas trat mit einer Temperatur von 300 bis 400 °C aus.

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 ZwiIag verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Ferner löste das ENSI im November 2020 ohne Voranmeldung einen Übungsalarm in der ZwiIag aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werksnotfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

skala INES zugeordnet. Das ENSI forderte weitere Abklärungen.

Am Ende des Berichtjahres ereignete sich das dritte Vorkommnis: Eine Bewilligung für den Personaleinsatz in Fremdanlagen war abgelaufen. Das Vorkommnis hatte keine negative Auswirkung auf die Gesundheit von Menschen und war administrativer Natur. Das ENSI ordnete das Vorkommnis der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zu.

5.6 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr nahm die ZwiIag keine grösseren organisatorischen Änderungen vor. Die Anzahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erhöhte sich gegenüber dem Vorjahr um fünf auf 91 Personen, welche 87 Vollzeitstellen besetzen.

Das Managementsystem der ZwiIag besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2015. Die Rezertifizierung fand im Jahr 2018 statt. Das ENSI führte 2020 eine Inspektion im Bereich des Managementsystems mit dem Schwerpunktthema Auditprozesse durch. Es prüfte, ob und wie die Regelungen zur Planung, Durchführung und Dokumentation von Audits sowie die Nutzung der entsprechenden Ergebnisse im Managementsystem die Vorgaben der Kernenergieverordnung und der Richtlinie ENSI-G07 erfüllen und wie die Vorgaben des Auditprozesses von der Betriebsorganisation umgesetzt werden. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

5.7 Vorkommnisse

Die ZwiIag meldete dem ENSI im Berichtjahr drei Vorkommnisse gemäss der Richtlinie ENSI-B03.

Beim ersten Vorkommnis handelt es sich um eine fehlende Einlagerungsfreigabe für die Abfallgebinde des Typs J-L-000043. Das Vorkommnis hatte keine sicherheitstechnische Bedeutung und wurde der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet.

Das zweite Vorkommnis betraf die Nichteinhaltung von Anforderungen bezüglich Lagerschalen für Kranlaschen. Die ZwiIag stellte fest, dass die Anforderungen aus diversen Behältervorschriften an die bestehenden und eingesetzten Kranlaschen zur Handhabung der T/L-Behälter nicht erfüllt wurden. Das Vorkommnis wurde provisorisch der Stufe 0 der internationalen Ereignis-

5.8 Gesamtbeurteilung

Das ENSI kam zum Schluss, dass die ZwiIag die verschiedenen Anlagen des ZZL im Berichtsjahr sicher betrieb und dabei jederzeit die bewilligten Betriebsbedingungen einhielt. Die Sicherheit und somit der Schutz von Mensch und Umwelt waren im Berichtsjahr gewährleistet. Unter konsequenter Anwendung des Managementsystems erzielte das Personal gute Betriebsergebnisse in den verschiedenen Anlagenteilen, welche sich durchgängig in einem guten Zustand befanden.



Paul Scherrer Institut.
Foto: PSI

6. Paul Scherrer Institut

Das Paul Scherrer Institut (PSI) ist das grösste Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Schweiz. Es ist tätig in den Bereichen Materie und Material, Mensch und Gesundheit sowie Energie und Umwelt. 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 drei gemäss der Richtlinie ENSI-B03 meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Es kam dabei weder zu unkontrollierten Abgaben von radioaktiven Stoffen noch zu radiologischen Auswirkungen auf das Personal. Die Sicherheit und somit der Schutz von Mensch und Umwelt waren stets gewährleistet.

Durch den Betrieb der Kernanlagen des PSI gab es keine unzulässigen radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung. Der Schutz von Mensch und Umwelt war im Berichtsjahr gewährleistet.

Im Bereich der Abfallentsorgung und der Organisation bedarf es, wie nachstehend erläutert, punktuell noch weiterer Anstrengungen.

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 aber noch eine Typengenehmigung gemäss Artikel 54 Absatz 4 der Kernenergieverordnung (KEV). In der Berichtsperiode stellte das PSI beim ENSI einen entsprechenden Antrag. Das ENSI kam nach dessen Prüfung zum Schluss, dass die Gesuchsunterlagen nachgebessert und erneut eingereicht werden müssen.

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. Für den

des PSI, insbesondere aus der Radiopharmazie und der Wäscherei.

Neben den üblichen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten nahm das PSI im Berichtsjahr erneut diverse Ertüchtigungen im Hotlabor vor beziehungsweise führte es entsprechende bereits in den Vorjahren initialisierte Vorhaben fort. Zudem wurden mehrere Freigabeanträge für Experimentier- und Forschungsausrüstungen eingereicht. In der Berichtsperiode wurden aus dem Hotlabor keine Materialien gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freigemessen (Vorjahr: 1,7 t).

In der Berichtsperiode gab es im Hotlabor zwei meldepflichtige Vorkommnisse (siehe Unterkapitel 6.7).

6.2 Kernanlagen in der Stilllegung

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 Versuchsverbrennungsanlage (VVA).

Übersicht über den Stand der Stilllegung der Kernanlagen am PSI

Name	Inbetriebnahme	Endgültige Ausserbetriebnahme	Stilllegungsverfügung ausgestellt
SAPHIR	30.04.1957*	21.06.1994	30.11.2000
DIORIT	15.08.1960*	08.07.1977	26.09.1994
PROTEUS	26.01.1968*	19.04.2011	21.12.2017
VVA	21.10.1974**	19.11.2002	02.07.2014

*erste Kritikalität, **erste Verbrennung

routinemässigen Betrieb dieser Anlage benötigt das PSI aber noch eine Typengenehmigung gemäss Artikel 54 Absatz 4 der KEV. Ende 2019 stellte das PSI einen entsprechenden Antrag beim ENSI. Das ENSI kam zum Schluss, dass die Gesuchsunterlagen nachgebessert und erneut eingereicht werden müssen. Das ENSI wies die Direktion des PSI wiederholt darauf hin, dass die Konditionierung der Abfälle aus der Brennstoffanalytik im Hotlabor eine hohe Aufmerksamkeit erfordert.

Seit Mitte 2016 erfolgt die Behandlung der radioaktiven Abwässer des PSI-Ost mit der neuen Aktiv-Abwasseranlage im Hotlabor. Im Berichtsjahr wurden 779 m³ Abwasser (Vorjahr: 780 m³) behandelt und kontrolliert an die Kontrollkammer des PSI-Ost abgegeben. Knapp 37 % dieser Abwässer stammte aus dem Hotlabor, der Rest aus anderen Bereichen

6.2.1 SAPHIR

Die Anlage SAPHIR kann aufgrund radiologischer Charakterisierungen als kontaminationsfrei bezeichnet werden. Den Nachweis der Kontaminationsfreiheit muss das PSI noch erbringen. Im Berichtsjahr erarbeitete das PSI deshalb ein Konzept, um die Räume und das Gebäude freizumessen, und stellte es dem ENSI vor. Die gammaspektrometrischen In-situ-Messungen wurden im Berichtsjahr fortgesetzt. Es konnte ein Raum gemäss den Konzeptvorgaben freigemessen werden. Die Arbeiten schreiten planmässig voran.

Die hohe Radonkonzentration in der Anlage konnte durch verschiedene Massnahmen deutlich gesenkt werden, wodurch das Freimessen erleichtert wird. Derzeit werden im SAPHIR Radonkonzentrationen

um die 100 Bq/m³ gemessen. Zur Überwachung der Radonkonzentration wurden die Langzeitmessungen in der Reaktorhalle fortgesetzt. Die aus dieser Messreihe gewonnenen Werte werden im Freimesskonzept berücksichtigt.

Der Unterhalt an Gebäude und Anlagen sowie Funktionsprüfungen an den Infrastrukturanlagen und Kalibrierungen an den Messgeräten wurden gemäss den Vorgaben durchgeführt.

Im Berichtsjahr wurde kein Material aus der Anlage SAPHIR freigemessen.

6.2.2 DIORIT

Nach einem Unterbruch im ersten Quartal 2020 wurden die Rückbauarbeiten im ehemaligen Forschungsreaktor DIORIT eingeschränkt fortgesetzt. So wurden noch vorhandene Leitungen, Schächte und Durchführungen entfernt. Im Berichtszeitraum baute das PSI weitere kontaminierte oder aktivierte Rohrleitungen aus dem Boden der Reaktorhalle aus.

In einem hierfür bestimmten Raum fanden weitere Dekontaminationsarbeiten an Abfällen statt. Zudem lagern im DIORIT noch diverse radioaktive Rohabfälle, darunter etwa 1,4 t Aluminium-Stilllegungsabfälle aus dem Rückbau der Forschungsreaktoren DIORIT und SAPHIR. Es ist vorgesehen, das Aluminium laufend unter Beachtung der Annahmekriterien den brennbaren Abfällen beizumischen und über die Plasma-Anlage der Zwilag zu entsorgen.

Da die Gebäulichkeiten des DIORIT 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.

Im Berichtsjahr wurde kein Material aus der Anlage DIORIT freigemessen.

6.2.3 PROTEUS

Nachdem das ENSI am 13. August 2019 die Stilllegungsphase 1 des ehemaligen Forschungsreaktors PROTEUS freigegeben hatte, begannen die Arbeiten plangemäss. Im Berichtsjahr waren die Rückbauarbeiten aber wegen der Covid-19-Pandemie und der damit verbundenen knappen Perso-

nalsituation verzögert und ruhten zeitweise vollständig. Wegen des Unterbruchs sind die Rückbauarbeiten gegenüber der Planung zirka neun Monate in Verzug.

Gleichwohl konnten bedeutende Fortschritte beim Rückbau erzielt werden: So wurde im Berichtsjahr der Reaktorgrafit des PROTEUS vollständig ausgebaut und in einem vom ENSI freigegebenen Verfahren radiologisch charakterisiert. Es war möglich, rund 33 t Reaktorgrafit freizumessen und konventionell zu entsorgen. 7,7 t wurden als abklinglagerfähig beurteilt und 40 kg als radioaktiver Abfall der Entsorgung zugeführt. Das PSI muss noch geeignete Örtlichkeiten sowohl für die Abklinglagerung des Grafits als auch für die Zwischenstapelung der Betonblöcke der biologischen Abschirmung finden und dem ENSI zur Beurteilung vorlegen.

Des Weiteren wurde im September 2020 der noch in der Anlage vorhandene Pufferbrennstoff, bestehend aus rund 3,5 t metallischem Natururan, in die USA versandt. Zudem wurde der Kommandoraum technisch neu gestaltet und rund 4,4 t nicht mehr benötigtes Material, wie Stahl- und Elektrobauteile, entfernt und freigemessen.

Der Unterhalt an Gebäude und Anlagen sowie Funktionsprüfungen an den Infrastrukturanlagen und Kalibrierungen an den Messgeräten wurden gemäss den Vorgaben durchgeführt.

6.2.4 Versuchsverbrennungsanlage

Beim Rückbau der ehemaligen Versuchsverbrennungsanlage (VVA) schritten die Rückbauarbeiten trotz der durch die Covid-19-Pandemie erschwerten Bedingungen fast plangemäss voran und sind im Vergleich zur Planung nur leicht verzögert. So konnte die Ausmauerung des Grobfilters I im Berichtsjahr vollständig entfernt und die dabei angefallenen Abfälle behandelt werden. Der Stahlmantel des Grobfilters I wurde anschliessend dekontaminiert, sodass er am Ende des Berichtsjahres zum Abbruch bereitstand. Des Weiteren wurden Teile der Rauchgasleitung im Gebäudeinnern sowie Anbauteile des Grobfilters II und des Feinfilters demontiert.

Die Arbeiten erfolgten dabei unter teils erschwerten Bedingungen (radioaktiv belasteter Asbestbereich). Die Ausmauerung des Grobfilters wurde vorkonditioniert, das heisst in Innenbehälter gefüllt und die Behälter mit Mörtel vergossen. Bis Ende des Jahres fielen so 30 vorkonditionierte Innenbehälter an. Jeweils acht vorkonditionierte Innenbehälter wurden im Berichtsjahr in insgesamt

drei KC-T12-Containern endkonditioniert. Die Arbeiten schritten planmässig voran.

Während des Rückbaus fallen laufend asbesthaltige, radioaktiv kontaminierte und brennbare Sekundärabfälle an: Im Berichtsjahr waren dies zirka 75 kg. Diese Sekundärabfälle werden in Abfallsäcke gefüllt und derzeit auf dem Areal der Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle in einem abschliessbaren Container temporär aufbewahrt. Ein Konzept zur Entsorgung dieser Abfälle befindet sich beim PSI in Arbeit und muss dem ENSI vorgelegt werden. Zur Beherrschung der Asbestproblematik betreibt das PSI weiterhin eine Asbestsanierrungszone. Im vierten Quartal des Berichtsjahres erteilte die SUVA dem PSI die Anerkennung als Fachstelle für Asbest. Somit kann das PSI sogenannte Schwarzbereiche selbstständig errichten und in Betrieb nehmen.

In Berichtsjahr wurden rund 2,9 t radioaktives Material der Ausmauerung des Verbrennungsofens und der Abgasfilter vorkonditioniert und rund 5,3 t weiteres Material freigemessen.

Der Unterhalt an Gebäude und Anlagen sowie Funktionsprüfungen an den Infrastrukturanlagen und Kalibrierungen an den Messgeräten wurden gemäss den Vorgaben durchgeführt.

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 sieben Jahre. Im Rahmen dieses Projektes wird 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 Unterkapitel 6.1). Das Gesamtprojekt ist in einzelne Teilprojekte gegliedert, die jeweils eine separate Freigabe erfordern. In der Berichtsperiode wurde die Infrastruktur zur Aushebung und Filtration der potenziell radioaktiv belasteten Schlämme aus den Becken OFLE und OFLF eingerichtet. Zudem konnte das Kontrollkammer-Bypass-System für die Aktiv-Abwasserabgabestelle des PSI-Ost nach erfolgreichem Testbetrieb in den Dauerbetrieb überführt werden. Zwecks Charakterisierung der Schlämme wurde schliesslich eine neue Probenerhebungskampagne gestartet. Die Arbeiten schritten planmässig voran.

Insgesamt konnten im Berichtsjahr acht Paletten mit Material aus dem Rückbau der Aktiv-Abwas-

serleitungen mit einem Gesamtgewicht von rund 2,2 t freigemessen werden.

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 bei Brennstoffuntersuchungen, aus aktivierten Materialien aus den Beschleunigeranlagen, aus dem Rückbau von Forschungsanlagen sowie aus dem Betrieb der nuklearen Infrastruktur. Dazu gehören Lüftungsfilter und Abfälle aus der Abwasserbehandlung. Alle genannten Abfälle sind sowohl chemisch als auch physikalisch unterschiedlich, 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 Abfallbindetypen 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 hatte das PSI die Sicherheitsberichte mitsamt der zugehörigen Störfallanalysen überarbeitet und im Jahr 2016 dem ENSI eingereicht. Im Berichtsjahr schloss das ENSI seine Stellungnahme zum Teilprojekt Betriebsgebäude ab. Seine Beurteilung zum Teilprojekt Abfalllabor hatte das ENSI bereits im Vorjahr abgegeben. Bei den Sicherheitsnachweisen stellte das ENSI für beide Anlagen Nachbesserungsbedarf fest und formulierte dazu mehrere Forderungen. Das PSI muss 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 Aktivitätsinventare. Dies kann spürbare Auswirkungen auf den Betrieb der Bundessammelstelle haben.

Im Berichtsjahr wurden insgesamt rund 20,2 m³ Abfälle (Vorjahr: 30,6 m³) bei der Bundessammelstelle angeliefert, davon 16,15 m³ (Vorjahr: 23,55 m³) aus

dem PSI und 4,05 m³ (Vorjahr: 7,05 m³) aus der jährlichen Sammelaktion des Bundesamts für Gesundheit (BAG). Ausserdem fielen 31 vorkonditionierte Innenbehälter mit VVA-Rückbauabfällen an. Im Berichtsjahr wurden keine extern konditionierte Stahlzylinder mit Industrieabfällen angeliefert. Aus der Zwiilag wurden keine Abfälle zurückgeliefert. Auf der Betonieranlage im DIORIT wurden drei KC-T12-Container mit VAA-Rückbauabfällen endkonditioniert sowie drei weitere KC-T12/30-Container mit operationellen Beschleunigerabfällen aus dem PSI-West, wobei zwei dieser drei Container bereits im Dezember 2019 vergossen und 2020 endkonditioniert wurden. Die drei letztgenannten Container wurden in die BZL-Umladehalle verbracht.

Zur Behandlung in der Plasma-Anlage der Zwiilag wurden im Berichtsjahr 30,14 m³ Rohabfall in 30 200-Liter-Abfallgebinden (Vorjahr: 29) mit sortierten und verpressten Abfällen verarbeitet. Dies hatte unter anderem zur Folge, dass die Brandlast in der Halle AB des Betriebsgebäudes auf 686 MJ/m² (Vorjahr 967 MJ/m²) verringert werden konnte (siehe Unterkapitel 6.3.2). Im Berichtsjahr lieferte das PSI 100 Fässer mit verpressten brenn- und schmelzbaren Abfällen zur Behandlung in der Plasmaanlage an die Zwiilag.

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 Kernenergieverordnung 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, sodass das PSI dieses Instrument im Berichtsjahr erstmals für den per Jahresende fälligen Nachweis der Einhaltung der bewilligten, aus den im BZL eingelagerten Inventaren resultierenden Störfalldosis beziehungsweise für die entsprechende Prognoserechnung für das Folgejahr einsetzen kann.

Per Ende des Berichtsjahres betrug das Inventar an extern konditionierten Stahlzylindern unverändert 2284 Stück. Sie werden in neun KC-T12-Containern gelagert. Weitere 156 Zylinder aus industrieller Fertigung mit tritiumhaltigen Abfällen lagern seit 2016 zur Dichtheitsüberwachung lose in 200-Liter-Fässern, die zu diesem Zweck mit Ventilen versehen sind. In der Berichtsperiode wurden keine neuen konditionierten Gebinde in das BZL eingelagert. Die drei endkonditionierten KC-T12-Container mit VVA-Rückbauabfällen aus der vorangehenden Berichtsperiode standen per Ende des Berichtsjahrs unverändert in der BZL-Umladehalle und die drei in der Berichtsperiode endkonditionierten KC-T12/30-Container mit Beschleunigerabfällen (siehe Unterkapitel 6.3.1) wurden ebenfalls dorthin gestellt. Somit war der mit 200-Liter-Fässern belegte Raum per Ende 2020 unverändert mit 4905 Gebinden gefüllt. Dies entspricht einem Belegungsgrad von rund 85 %. Das Inventar im BZL-Container-Teil belief sich unverändert auf 95 endkonditionierte KC-T12/30-Container.

In den Hallen des Betriebsgebäudes sowie 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. In der Berichtsperiode wurde ein ausgedienter Hotlabor-Abwassertank bei der Zwiilag beprobt und nach Abschluss der Arbeiten wieder an die AERA zurücktransferiert. Hinsichtlich der noch nicht konditionierten Abfälle erwartet das ENSI vom PSI eine zeitnahe Weiterverarbeitung, speziell des brennbaren Anteils zwecks Reduktion der Brandlasten, und hat eine entsprechende Verfügung erlassen. Während der Berichtsperiode überprüfte das ENSI ausserdem die Abklinglagerung (gemäss Artikel 117 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung) bei den AERA und stellte Verbesserungsbedarf fest. Insbesondere muss das PSI ein Konzept zur Neubeurteilung der Einhaltung der Entscheidungskriterien für die verschiedenen Materialtypen einreichen, Weisungen

Synchrotron-Lichtquelle: Mit dem Synchrotronlicht untersuchen Forscherinnen und Forscher die Eigenschaften unterschiedlichster Materialien.
Foto: PSI



zum Prozess der Abklinglagerung ausarbeiten und in seinem Qualitätsmanagementsystem verankern.

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

6.4 Strahlenschutz

Der Strahlenschutz am PSI war im Aufsichtsbereich des ENSI geprägt von den laufenden Rückbau- und Entsorgungstätigkeiten. Bezüglich des Forschungsreaktors PROTEUS und der VVA wurden deutliche Fortschritte erzielt, verbunden mit vergleichsweise geringen Dosen für das Personal. Die Kollektivdosis betrug 4 Pers.-mSv, die maximale Individualdosis lag bei 0,4 mSv. Alle Arbeiten im Hotlabor verliefen ohne radiologische Zwischenfälle. Pandemiebedingt gab es bei einzelnen Projekten Verzögerungen. Gesamthaft lag die Strahlenexposition der eingesetzten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf einem tiefen Niveau: Dies zeugt von einem wirkungsvollen 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 konservati-

ven Annahmen für den ungünstigsten Aufenthaltsort ausserhalb des überwachten PSI-Areals eine Personendosis von weniger als 0,007 mSv pro Jahr berechnet. Ins Gewicht fallen hier 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 detaillierte Angaben zu den Personendosen sowie zu den Abgaben über die Abluft und das Abwasser wird auf den Strahlenschutzbericht 2020 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.

Im Zusammenhang mit der Covid-19-Pandemie und der damit einhergehenden Einschränkungen aufgrund des Lockdowns im Frühjahr 2020 forderte das ENSI das PSI im April auf darzulegen, wie die Mindestpersonalbestände für die Notfallorganisation unter den gegebenen Umständen und innerhalb der vorgegebenen Fristen erreicht werden können und wie die Bereitschaft über einen längeren Zeitraum für mehrere denkbare Einsätze aufrechterhalten werden kann. Das PSI konnte nach-

vollziehbar belegen, dass die Anforderungen an die Einsatzbereitschaft gemäss der Notfallschutzverordnung und der Richtlinie ENSI-B12 erfüllt waren und sich somit die Notfallbereitschaft des PSI auch während der Pandemielage auf einem hohen Niveau befand.

Das ENSI beobachtet und beurteilt die Notfallorganisation des PSI an der jährlichen Institutsnotfallübung und wird dabei durch das BAG unterstützt. Die Institutsnotfallübung DELTA hätte im November 2020 stattfinden sollen. Auf Antrag des PSI wurde sie jedoch aufgrund der Pandemielage kurzfristig abgesagt. Mit der Inspektion von Notfallübungen der Kernanlagenbetreiber überprüft das ENSI, ob die für die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau festgelegten Erfolgskriterien in der Übung erreicht, Abweichungen davon erkannt und Optimierungsmöglichkeiten festgestellt werden. Das ENSI stimmte der Nichtdurchführung vorbehaltlich einer Verschiebung ins Jahr 2021 zu.

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 DIN EN ISO 9001:2015 zertifiziert sind. Das ENSI führte 2020 eine Inspektion im Bereich des Managementsystems des Hotlabors mit dem Schwerpunktthema Auditprozesse durch. Es prüfte, ob und wie die Regelungen zur Planung, Durchführung und Dokumentation von Audits sowie die Nutzung der entsprechenden Ergebnissen im Managementsystem die Vorgaben der KEV und der Richtlinie ENSI-G07 erfüllen und wie die Vorgaben des Auditprozesses von der Betriebsorganisation umgesetzt werden. Die Abteilung Hotlabor erfüllte die entsprechenden Anforderungen.

Per 1. Oktober 2019 setzte das PSI eine Organisationsänderung im Bereich Logistik um. Diese Änderung beinhaltete insbesondere die Integration der bisherigen Sektion «Rückbau und Entsorgung» in die Abteilung «Strahlenschutz und Sicherheit». Am 23. Juni 2020 fand ein Fachgespräch zur Wirksamkeit der Organisationsänderung im PSI statt. In diesem Fachgespräch konnte das PSI die systematische Bewertung der Wirksamkeit der durchgeführten Organisationsänderungen nicht schlüssig darlegen. Weiter wurde in diesem Fachgespräch

betont, dass der Wissenstransfer nicht vernachlässigt werden darf und unter anderem das Know-how und Know-why der Stelleninhaber für den technischen Betrieb (Anlagenleiter) gemäss der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) aufrechterhalten werden muss. Insbesondere ist dies bei Neubesetzung der Stellen im Hinblick auf die Erfüllung der VAPK zu berücksichtigen. Aufgrund der Covid-19-Pandemie konnten die in der Folge geplanten Gespräche mit dem PSI nicht durchgeführt werden.

Der Bestand an zulassungspflichtigem Personal für den stillgelegten Forschungsreaktor PROTEUS betrug Ende des Berichtsjahres vier Personen. Diese Personenzahl ist aus Sicht des ENSI weiterhin knapp bemessen.

Im Rahmen der Vorbereitungen zum Rückbau der Kernanlage PROTEUS wurde bei einer Inspektion am 16. Oktober 2019 ein Treiberbrennstab entdeckt, der nicht den Vorgaben entsprach. Das PSI hat im Berichtsjahr ein Konzept erarbeitet, wie es zukünftig gewährleistet, dass das sicherheitsgerichtete Vorgehen allen betroffenen Personen, die in den Kernanlagen arbeiten, nachhaltig zur Kenntnis gebracht wird (Ausbildung und Wiederholungsschulung).

6.7 Vorkommnisse

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

- Am 21. und 27. Februar 2020 kam es infolge extern bedingter Störungen der Stromversorgung zu kurzzeitigen Spannungseinbrüchen (Netzvischer), was zum Ausfall der Fortluftanlage und anschliessend zum ordnungsgemässen Start des Notfortluftventilators im PSI-Hotlabor führte. In beiden Fällen stellte sich kurzfristig nach dem Zurückstellen der Alarme der Normalbetriebszustand der Lüftungsanlage wieder eigenständig her. Die Kernanlage Hotlabor befand sich während der Ereignisse immer innerhalb der zeitlichen Handlungsfristen der begrenzenden Betriebsbedingungen der Technischen Spezifikationen. Die sicherheitstechnische Bedeutung des Vorkommnisses ist als gering einzustufen. Die Schutzziele waren zu jedem Zeitpunkt erfüllt. Das ENSI ordnete das Vorkommnis auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zu.

- Am 9. Juni 2020 wurde im Zuge von Vorbereitungsarbeiten für eine Funktionsprüfung festgestellt, dass die Aufzeichnungen der Fortluftanlage für den Hochkamin aufgrund eines Fehlers auf der Hauptplatine der Steuerung seit dem 3. Juni 2020 unterbrochen waren und folglich die Fortluftüberwachung für den Hochkamin als ausgefallen zu betrachten war. Die defekte Platine wurde drei Tage nach Erkennen des Vorkommnisses ersetzt. Bedingt durch die redundanten Strangüberwachungen der an den Hochkamin angeschlossenen Kernanlagen waren die Überwachung und Bilanzierung der Abgaben an die Umwelt gewährleistet. Die sicherheitstechnische Bedeutung des Vorkommnisses ist als gering einzustufen. Die Schutzziele waren zu jedem Zeitpunkt erfüllt. Das ENSI ordnete das Vorkommnis auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zu.
- Am 29. Juni 2020 meldete das PSI, dass die Fortluftüberwachung für das Hotlabor die halbjährliche Funktionsprüfung mit Prüfquelle nicht bestanden hatte. Für den Iod-Detektor konnten die vom PSI definierten Sollwerte für I-125 nicht erreicht werden. Die Ursache des unerwünschten Verhaltens des Detektors wurde behoben und die planmässige Funktionsprüfung am 24. November 2020 erfolgreich durchgeführt. Da der Hotlabor-Fortluftstrang in den Hochkamin geleitet wird, war mit der Hochkamin-Fortluftüberwachung PSI-Ost die Überwachung und Bilanzierung der Abgaben an die Umwelt gewährleistet. Die sicherheitstechnische Bedeutung des Vorkommnisses ist als gering einzustufen. Die Schutzziele waren zu jedem Zeitpunkt erfüllt. Das ENSI ordnete das Vorkommnis auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zu.

6.8 Schule für Strahlenschutz am PSI-Bildungszentrum

Das ENSI erneuerte aufgrund der Meldung eines neuen Kursleiters die Gültigkeit der Anerkennung der Ausbildungslehrgänge K310 und K312 für Strahlenschutztechnikerinnen und -techniker sowie Sachverständige in Kernanlagen. Im Berichtsjahr wurden die vom ENSI im Vorjahr anerkannten Ausbildungs- und Zusatzkurse für Strahlenschutzfachkräfte für Kernanlagen wie geplant durchgeführt. Der Fachkraft-Ausbildungskurs begann im Vorjahr und umfasst insgesamt 16 Wochen Unterricht, Übungen, Praktika, Prüfungsvorbereitung, eine

mündliche, eine praktische sowie mehrere schriftliche Prüfungen. Im Berichtsjahr haben 18 Personen diesen Kurs erfolgreich absolviert: Fünf stammten aus schweizerischen Kernkraftwerken, drei vom PSI und zehn Personen von schweizerischen und deutschen Dienstleistungsunternehmen.

Das ENSI beurteilte die Qualität des Unterrichts stichprobenweise, beaufsichtigte die Prüfungen und attestierte der Schule, dass das Niveau der Lehrveranstaltungen die Anforderungen erfüllt. Eine Bewertung des Erfahrungsrückflusses durch eine Fachkommission steht noch aus.

Der Fachkraft-Zusatzlehrgang für Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit mehrjähriger Berufserfahrung und einer erfolgreich abgeschlossenen Fachkraftprüfung der Industrie- und Handelskammer Aachen startete im Dezember des Berichtsjahrs. Dieser Lehrgang umfasst insgesamt zwei Wochen Unterricht. Im Berichtsjahr absolvierten zwölf Personen von Dienstleistungsfirmen diese Ausbildung erfolgreich.

Des Weiteren führte das Bildungszentrum drei anerkannte Fortbildungskurse für Strahlenschutz-Technikerinnen und -Techniker sowie -Fachkräfte durch. 47 Teilnehmerinnen und Teilnehmer besuchten die drei durchgeführten Kursmodule.

Insgesamt führte das Bildungszentrum 33 Aus- und Fortbildungskurse für die schweizerischen Kernanlagen durch, an denen insgesamt 342 Personen teilnahmen. An acht Kursen mit Bezug zu Transporten radioaktiver Gefahrgüter nahmen insgesamt 68 Personen teil.

Das ENSI überzeugte sich anhand von Besuchen einzelner Kurse, durch die Anwesenheit bei den Prüfungen und an mehreren Fachgesprächen von der Qualität des Unterrichts.

6.9 Reaktorschule am PSI-Bildungszentrum

Im Mai 2019 fand ein Fachgespräch zur zukünftigen Gewährleistung der hohen Qualität der Ausbildung an der Reaktorschule des PSI statt. Zu Beginn 2020 wurde dann gemeinsam mit swissnuclear beschlossen, die Reaktorschule nicht weiter am PSI-Bildungszentrum zu führen. Daraufhin wurde im November 2020 die Nukeartechnikerschule in Baden gegründet. Diese führt die Angebote im Bereich der kerntechnischen Grundausbildung, insbesondere für das zulassungspflichtige Kernkraftwerkpersonal, sowie die Ausbildung zum Techniker HF, Fachrichtung Grossanlagenbetrieb weiter.

7. Weitere Kernanlagen

7.1 École Polytechnique Fédérale de Lausanne

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

Im Berichtsjahr stand der CROCUS-Reaktor insbesondere den Ingenieur- und Physikstudentinnen und -studenten der EPFL und den Studentinnen und Studenten des Swiss-Nuclear-Engineering-Masterkurses der ETH Zürich und der EPFL während 441 Stunden bei kleiner Leistung (unter 100 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 3210 Wh thermische Energie erzeugt. Im Jahr 2020 wurden die meisten Besuche aufgrund der Covid-19-Pandemie abgesagt, insbesondere die Ausbildungen der Reaktorschule des Paul Scherrer Instituts. Das Experiment CARROUSEL wurde für Praktika verwendet. Die Neutronenquelle LOTUS ist seit mehreren Jahren ausser Be-

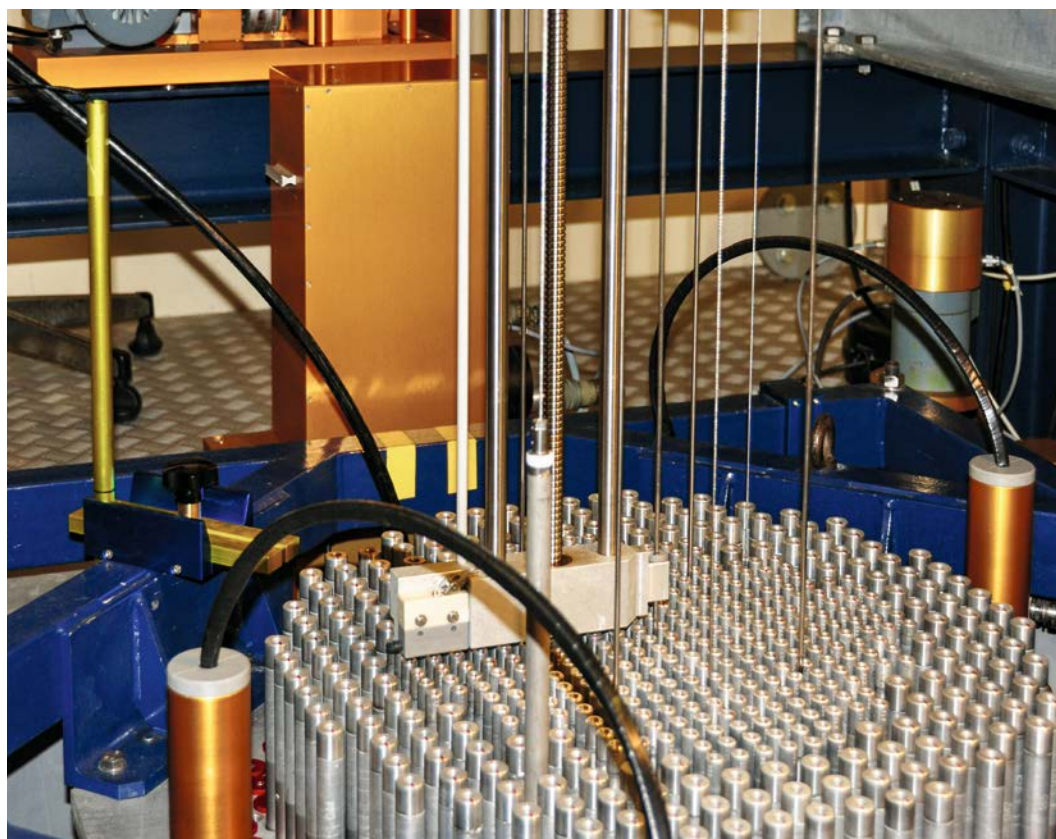
trieb. Die Anlage wird zurzeit für die Lagerung von radioaktiven Quellen und für Bestrahlungsexperimente verwendet.

Die EPFL baute den Reaktorkern des CROCUS im Berichtsjahr zweimal aus. Beim ersten Ausbau wurden Brennstäbe aus den vorgegebenen Positionen herausgenommen und inspiziert. Das ENSI führte bei der Brennstoffkontrolle im Januar und beim Wiedereinbau des Reaktorkerns im März Inspektionen durch. Beim zweiten Ausbau im August wurde eine experimentelle Vorrichtung im Reaktorkern installiert.

Im Oktober und Dezember 2020 kam es aufgrund technischer Störungen zu Reaktorschnellabschaltungen. Die Abschaltssysteme funktionierten dabei ordnungsgemäss. Die EPFL meldete dem ENSI die zwei Vorkommnisse gemäss der Richtlinie ENSI-B03.

Das ENSI inspizierte im Oktober 2020 das Ausbildungsprogramm der EPFL. Aufgrund der Covid-19-Pandemie wurde die Jahresinspektion des ENSI auf das Jahr 2021 verschoben.

Die 13 beruflich strahlenexponierten Personen an der EPFL akkumulierten im Berichtsjahr eine Kol-



Forschungsreaktor CROCUS.
Foto: EPFL

lektivdosis von weniger als 1 Pers.-mSv. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend.

Das ENSI kam zum Schluss, dass die EPFL die verschiedenen Kernanlagen im Berichtsjahr sicher betrieb und dabei jederzeit die bewilligten Betriebsbedingungen einhielt.

7.2 Universität Basel

Der Forschungsreaktor AGN-211-P der Universität Basel diente bis zu seiner endgültigen Ausserbetriebnahme im Jahr 2015 vorwiegend der Ausbildung von Studentinnen und Studenten sowie der Anwendung der Neutronenaktivierungsanalytik.

Vor der Ausserbetriebnahme wurde der Kernbrennstoff 2015 in die USA zurückgeführt. Das gesamte noch in der Anlage vorhandene Quellinventar aus dem Aufsichtsbereich des ENSI wurde in den Aufsichtsbereich des Bundesamtes für Gesundheit transferiert.

Nachdem das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation am 13. Februar 2019 die Stilllegung des Forschungsreaktors verfügt hatte, stellte die Universität Basel einen Antrag für den Rückbau der Anlage. Das ENSI gab im April 2019 die einzige Rückbauphase frei, die im Dezember 2019 abgeschlossen werden konnten.

Im Berichtsjahr mass die Universität Basel Neueinrichtungen, wie die für die Rückbauarbeiten installierte Lüftungsanlage, sowie die Krananlage frei. Im Berichtsjahr konnten so 608 kg Material der konventionellen Entsorgung, respektive der Wiederverwertung zugeführt werden. Radioaktive Abfälle fielen keine mehr an. Auch gab es keine Abgaben radioaktiver Stoffe. Das eingesetzte Personal erfuhr im Berichtsjahr keine nennenswerte Dosis durch Direktstrahlung. Die Strahlenexposition war mit über 4 Pers.-mSv dem natürlich vorkommenden Radon geschuldet.

Zur Freimessung der Gebäudestrukturen gab es ein Fachgespräch. Das ENSI hatte sich an einer Inspektion von der korrekten Durchführung der Freimessarbeiten sowie von der erreichten Kontaminationsfreiheit überzeugt, bevor es die kontrollierte Zone im September 2020 freigab. Mit der Aufhebung der kontrollierten Zone wurde auch das Betriebsreglement angepasst. Dieses gilt bis zur Entlassung der Anlage aus der Kernenergiegesetzgebung.

Eine Voraussetzung für die Entlassung aus dem Geltungsbereich des Kernenergiegesetzes ist neben dem Nachweis der Kontaminationsfreiheit auch die Einreichung des Abschlussberichts über die Stilllegungsarbeiten. Die Universität Basel reichte den Bericht im November 2020 ein. Das ENSI unterzog den Abschlussbericht im Dezember einer Grobprüfung. Ebenfalls im Dezember beantragte die Universität Basel beim Bundesamt für Energie den Antrag auf Entlassung des ehemaligen Forschungsreaktors AGN-211-P aus dem Geltungsbereich der Kernenergiegesetzgebung. Das ENSI-Gutachten zum Abschlussbericht über die Stilllegungsarbeiten der Universität Basel wird der Bewilligungsbehörde als Entscheidungsgrundlage für die Entlassung der Anlage aus dem Aufsichtsbericht des ENSI dienen.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Universität Basel die vorgegebenen Betriebsbedingungen und die Vorschriften zum Strahlenschutz für das Personal und die Umwelt im Berichtsjahr jederzeit einhielt.

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 folgt per Anfang 2021. Die derzeitigen Regelwerke für die unterschiedlichen Verkehrsträger basieren auf der Ausgabe der IAEA-Empfehlungen aus dem Jahr 2012. 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 Unterkapitel). 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 vier 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. Zwei Gesuche bezogen sich auf Zulassungsrevisionen für jeweils ein Typ-B(M)F- und ein Typ-B(U)F-Versandstückmuster. Ein Gesuch betraf die erstmalige Zulassung eines Typ-B(U)F-Versandstückmusters für die Verwendung in der Schweiz.

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. Sonst 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 Informationen und Musterformulare in den Sprachen Englisch, Deutsch und Französisch.

Im Berichtsjahr wurden fünf Transportbewilligungen für Expeditionen aus der Schweiz, Deutschland, Spanien und Frankreich erteilt. Eine ausländische Prüffirma erhielt die Anerkennung der BAG-Bewilligung für Transporte von und zu Schweizer Kernanlagen. Die Bewilligung für das Kernkraftwerk Leibstadt für die Ein- und Ausfuhr sowie den Transport radioaktiver Stoffe wurde erneuert. Mehrere Expeditionen, die über eine ENSI-Transportbewilligung verfügen, meldeten zusätzliche Unterauftragnehmer an, welche die Transporte der radioaktiven Stoffe im Namen der Bewilligungsinhaber ausführen sollen. Das ENSI akzeptiert solche Unterbeauftragungen nur dann, wenn die Bewilligungsinhaber darlegen können, dass die Transporte vollständig unter dem Managementsystem und dem Strahlenschutzprogramm eines Bewilligungsinhabers durchgeführt werden.

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, dass die nukleare Sicherheit und Sicherung gewährleistet und die Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter erfüllt sind. Das BFE erteilt die Bewilligung erst, wenn eine positive Beurteilung durch das ENSI vorliegt. Diese Bewilligungen sind gemäss Kernenergiegesetz und Kernenergieverordnung maximal ein Jahr gültig und können einmalig um maximal sechs Monate verlängert werden.

Im Berichtsjahr beurteilte das ENSI zwölf kernenergierechtliche Transportgesuche. Dabei handelte es sich um mehrere Gesuche für den Transport von radioaktiven Betriebsabfällen zur Zwiilag, drei Gesuche für die Einfuhr von frischen Brennelementen, ein Gesuch für die Einfuhr von unbestrahlten Vorläuferbrennelementen und ein Gesuch für die Ausfuhr von Pufferstäben aus einem stillgelegten For-

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



schungsreaktor des Paul Scherrer Instituts. Auf Basis dieser Beurteilungen stellte das BFE die entsprechenden Bewilligungen aus. In zwei Fällen wurden Verlängerungsgesuche für Bewilligungen für den Transport radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente beurteilt. Das ENSI prüfte in diesen Fällen, ob sich während der Laufzeit der Bewilligung relevante Veränderungen an den Bewilligungsvoraussetzungen ergeben haben. Dies war der Fall für die Transporte abgebrannter Brennelemente vom Kernkraftwerk Leibstadt zur Zwiilag, sodass im Berichtsjahr letztlich keine solchen Transporte mehr durchgeführt werden konnten. Nach Erfüllung der zusätzlichen Auflagen können diese Transporte 2021 wieder aufgenommen werden.

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 Behälterlagerung eine verlängerte Lagerung unter Wasser im störfallsicheren externen Nasslager auf dem eigenen Betriebsgelände.

Die T/L-Behälter werden von den Kernkraftwerken beziehungsweise von den Wiederaufarbeitungsanlagen 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 regelt die Richtlinie ENSI-G05. Mit dieser Richtlinie sind nicht nur die Anforderungen an die Auslegung der T/L-Behälter spezifiziert, sondern auch die Anforderungen an die Behälterfertigung, wie etwa Qualitätsanforderungen, begleitende Kontrollen oder Behälterdokumentationen. 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 (Kernenergierecht) und im Gefahrgutrecht durch die Registrierung des Serienmusters als Versandstück für radioaktive Stoffe.

Ende 2020 befanden sich 33 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 in allen Fällen 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. Dank der Bemühungen der Beaufsichtigten und des Sachverständigen des ENSI konnten trotz der Auswirkungen der Covid-19-Pandemie viele Inspektionen weiterhin vor Ort bei den Herstellern durchgeführt werden. Zusätzlich wurden Inspektionen durch unabhängige Sachverständige vor Ort mit virtuellem Beizug des Sachverständigen des ENSI durchgeführt.

Ergänzend zu den Kontrollen im Bereich der laufenden Fertigung von T/L-Behältern wird die Zulassung und Vorabfertigung für eine neue, speziell



Anlieferung eines Behälters mit radioaktiven Abfällen bei der Zwiilag.
Foto: Zwiilag

für die Schweiz vorgesehene Behälterbauart für bestrahlte Brennelemente bearbeitet und überwacht. Wie bereits in den vorangegangenen Jahren wurden 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 und den Aufsichtsbehörden FANC und Bel V aus Belgien.

Im Berichtsjahr wurden seitens des ENSI drei Behälterexemplare gemäss der Richtlinie ENSI-G05 abgenommen und drei als beladene Behälter zur Einlagerung im Zwischenlager ZWIBEZ des Kernkraftwerks Beznau beziehungsweise im Zentralen Zwischenlager der Zwiilag freigegeben. Drei Transport- und Lagerbehälter wurden beim ENSI gemäss Leitfaden für Verpackungen radioaktiver Stoffe registriert.

Zurzeit befinden sich vier neue Behälterbauarten im Bauartfreigabeverfahren nach der Richtlinie ENSI-G05. Aufgrund des teilweise innovativen Charakters dieser Behälterbauarten wird die Begutachtung unter Beizug externer 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 diejenigen der Spediteure, Absender, Beförderer und Empfänger von radioaktiven Stoffen sollen die Einhaltung der Vorschriften gewährleisten. Im Rahmen der in den

Unterkapiteln 8.1, 8.2 und 8.3 beschriebenen Bewilligungsverfahren wird dies vom ENSI generisch überprüft. Zudem prüft das ENSI im Rahmen seiner Inspektionen auch regelmässig übergeordnete organisatorische Aspekte, die als gute Indikatoren für ein gelebtes Qualitätsbewusstsein dienen.

Das ENSI führte im Jahr 2020 in seinem Aufsichtsbereich fünf Inspektionen zum Thema «Transport radioaktiver Stoffe» durch. Im Berichtsjahr fanden keine Transporte von beladenen Transport- und Lagerbehältern zur Zwiilag statt. Die Inspektionen betrafen den Versand und Empfang von Vorläuferbrennelementen, Pufferbrennstäben, radioaktiven Abfällen und Grosskomponenten. Die gefahrgutrechtlichen Grenzwerte, insbesondere für Kontamination und Dosisleistung wurden in allen Fällen eingehalten. Das ENSI stellte einmal einen Verbesserungsbedarf bezüglich der Vorbereitung, Erstellung und Umsetzung eines Beladeplans für Container fest. Alle anderen Aspekte wurden mit Normalität bewertet.

Externe Bewilligungsinhaber von schweizerischen Bewilligungen für den Transport radioaktiver Stoffe, wie zum Beispiel Spediteure, wurden im Rahmen ihrer Tätigkeiten in den Kernanlagen bewertet. Dabei ergaben sich keine Beanstandungen. Im Rahmen des Gesuches um Erneuerung der strahlenschutzrechtlichen Bewilligung für den Transport und die Ein- und Ausfuhr des Kernkraftwerks Leibstadt wurde ein Fachgespräch mit den zuständigen Stellen und Gefahrgutbeauftragten geführt.

Abtransport eines Transport- und Lagerbehälters mit radioaktiven Abfällen.
Foto: KKL





Bohrplatz Bözberg 1.
Foto: Nagra

9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle

9.1 Einleitung

Das in der Schweiz seit 2008 laufende Standortauswahlverfahren für geologische Tiefenlager (Sachplan geologische Tiefenlager, SGT) steht unter der Leitung des Bundesamtes für Energie (BFE). Die Gesamtverantwortung für die sicherheitstechnische Beurteilung der im Verfahren gemachten Vorschläge für geologische Standortgebiete und Standorte liegt beim ENSI (siehe Unterkapitel 9.2). 2018 erfolgte der Start in die finale Etappe 3 des Auswahlverfahrens. Bereits vor diesem Etappenstart hatte die Nagra begonnen, die drei verbleibenden Standortgebiete weiter zu untersuchen, um für die anstehende Standortwahl einen genügenden Datensatz zu sammeln. In den Wintermonaten 2015/16 beziehungsweise 2016/2017 führte die Nagra in allen drei Standortgebieten 3D-seismische Messungen

durch. Von 2018 bis Ende 2020 wurden in den Standortgebieten und deren näherer Umgebung untiefe Quartärbohrungen durchgeführt, seit April 2019 innerhalb der Standortgebiete zudem Tiefbohrungen abgeteuft. Das ENSI begleitete diese Bohrungen im Rahmen von Freigaben, Audits und Inspektionen auf den Bohrplätzen (siehe Unterkapitel 9.3). Die Nagra berichtete im Rahmen der zweimal jährlich stattfindenden Sitzungen des Fachgremiums «Erdwissenschaftliche Untersuchungen» über die Resultate aus den Untersuchungen (siehe Unterkapitel 9.2). An diesen Sitzungen nehmen 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, swisstopo und Fachvertreter aus ausländischen Behörden teil.



Die vom ENSI in den Jahren 2018 bis 2020 überarbeitete Richtlinie ENSI-G03 wurde auf Januar 2021 in Kraft gesetzt. Dem neuen Format der ENSI-Richtlinien folgend werden alle in der Richtlinie formulierten Anforderungen in einem separaten Erläuterungsbericht erklärt und in einen fachlichen Kontext gestellt. Die neue Richtlinie ENSI-G03 ist bei der Überarbeitung an das internationale Regelwerk der International Atomic Energy Agency und der Western European Nuclear Regulators Association angepasst worden (siehe Unterkapitel 9.4).

Unterstützung bei seiner Arbeit erfährt das ENSI durch eine grosse Anzahl von externen Experten. Hierbei ist insbesondere die international zusammengesetzte EGT zu nennen, die eigene Berichte erarbeitet (siehe Unterkapitel 9.5). Die Zuarbeit dieser Expertengruppe dient dem ENSI bei der Vorbereitung der Prüfarbeiten im Rahmen der Etappe 3.

Das ENSI geht relevanten Fachfragen im Rahmen von Forschungsarbeiten nach, die wichtige regulatorische Antworten liefern können. Diese Forschungsarbeiten entstehen in enger Zusammenarbeit mit diversen Experten aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und privaten Unternehmen. Eine Reihe dieser Forschungsarbeiten erfolgt am Felslabor Mont Terri (siehe Unterkapitel 9.6). Das Tunnelsystem dieses Labors wurde kürzlich um 600 Meter zusätzliche Stollen erweitert. Der neue Raum für Experimente wird nun schrittweise für neue Experimente in Beschlag genommen. Im Berichtsjahr war das ENSI an mehreren im Mont Terri laufenden Forschungsprojekten beteiligt, zu denen detaillierte Ausführungen im aktu-

ellen Erfahrungs- und Forschungsbericht des ENSI einsehbar sind.

Neben den Forschungsarbeiten aktualisiert und erweitert das ENSI seinen Wissensstand kontinuierlich durch seine Mitarbeit in internationalen Gremien und Forschungsprogrammen (siehe Unterkapitel 9.7). Diese Zusammenarbeit ist besonders wichtig, um die Erfahrungen aus anderen nationalen Entsorgungsprogrammen zu sammeln und deren Übertragbarkeit auf die Schweiz zu prüfen.

9.2 Sachplan geologische Tiefenlager

Der Bundesrat hat in seiner Sitzung vom 21. November 2018 die Etappe 3 des Sachplans gestartet und entschieden, dass die drei Standortgebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost weiter untersucht werden sollen.

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 Rahmenbewilligungsgesuche dazu. In der gegenwärtig laufenden Etappe 3 werden alle drei Standortgebiete mit erdwissenschaftlichen Untersuchungen weiter untersucht (siehe Unterkapitel 9.3). Das ENSI bereitet aktuell die Prüfarbeiten für die Etappe 3 vor, basierend auf den vorliegenden Unterlagen und Fachgesprächen.

Am 28. Mai und 27. August 2020 fanden zwei virtuelle Behördenseminare mit Teilnehmerinnen und

Teilnehmern seitens BFE, KNS, EGT, der Kantone und deutscher Behörden statt: Einerseits erläuterte das ENSI seine sicherheitstechnischen Vorgaben für die Etappe 3 und andererseits stellte die Nagra ihre methodische Herangehensweise und die notwendige Datenbasis für die Bewertung der sicherheitstechnischen Kriterien in der Etappe 3 vor.

Technisches Forum Sicherheit

Das Technische Forum Sicherheit (TFS) dient im Rahmen des Sachplans als eine Informations- und Austauschplattform. Im TFS werden technische und wissenschaftliche Fragen zur Sicherheit und Geologie aus der Bevölkerung, von Gemeinden, Standortregionen, Organisationen, Kantonen und Gemeinwesen betroffener Nachbarstaaten diskutiert und beantwortet. Das TFS besteht aus Fachpersonen der verfahrensleitenden Behörde (BFE), der überprüfenden (ENSI) beziehungsweise unterstützenden Behörde (swisstopo), von Kommissionen (KNS, EGT), von Nichtregierungsorganisationen, der Entsorgungspflichtigen (Nagra) sowie von 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 Forummitglieder und organisiert die TFS-Sitzungen. Die eingegangenen Fragen und darauf formulierten Antworten werden der Öffentlichkeit auf der Website www.ensi.ch/de/technisches-forum zur Verfügung gestellt. Im Berichtsjahr fanden aufgrund der Covid-19-Pandemie nur zwei der vier angebotenen Sitzungen des TFS statt. Von den bis Ende 2020 im TFS aufgenommenen 155 Fragen waren zum gleichen Zeitpunkt 151 beantwortet.

Neben der Beantwortung eingereicherter Fragen wurden im Berichtsjahr an den Sitzungen verschiedene Fachthemen vertieft diskutiert. Im Rahmen der Sitzung im September 2020 stellte die Nagra ihr Berichterstattungskonzept für die Etappe 3 sowie die aktuellen Zwischenresultate des FE-Experiments im Felslabor Mont Terri vor. Darüber hinaus hielt sie Fachvorträge über das Selbstabdichtungsvermögen des Opalinuston sowie die natürlichen Tracer im Porenwasser des Opalinuston. Im November wurden in der Sitzung die Empfehlungen der EGT für ergänzende Untersuchungen zum Thema «gasinduzierte Transportprozesse im Opalinuston» vorgestellt und swisstopo präsentierte die «lessons learned» aus dem Erweiterungsprojekt im Felslabor Mont Terri (siehe Unterkapitel 9.6).

Fachgremium «Erdwissenschaftliche Untersuchungen»

Im Hinblick auf die erdwissenschaftlichen Untersuchungen der Nagra in der Etappe 3 und zur Sicherstellung einer breiten Diskussion der Resultate wurde 2015 das «Fachgremium Erdwissenschaftliche Untersuchungen» (FEU) gegründet. Das Fachgremium dient dem offenen fachlichen Austausch der in der Etappe 3 gewonnenen Resultate. Das ENSI leitet das FEU. Das Fachgremium übt keine Aufsicht aus und fällt auch keine Entscheidungen bezüglich der präsentierten Resultate. Die zweimal jährlich stattfindenden Sitzungen stehen Fachbehörden aus dem In- und Ausland offen, um ihre Beurteilungsarbeiten der zukünftig einzureichenden Rahmenbewilligungsgesuche der Nagra vorzubereiten.

Im Berichtsjahr fanden die 9. und 10. Sitzung des FEU statt. Aufgrund der Covid-19-Pandemie wurden diese Sitzungen in einem Videoformat und ohne physische Präsenz abgehalten. Die Nagra präsentierte Resultate aus ihren laufenden Auswertungen der 3D-seismischen Datensätze und zu ihren Untersuchungen im laufenden Quartärerkundungsprogramm (einschliesslich abgeteufte Quartärbohrungen, 2D-Seismik entlang von quartären Rinnen und Datenerhebungen an quartären Sedimenten an der Erdoberfläche). Zu den Tiefbohrungen wurden die Resultate aus den ersten beiden Tiefbohrungen Bülach und Trüllikon-1 präsentiert.

Öffentlichkeitsarbeit

Aufgrund der Covid-19-Pandemie waren die Möglichkeiten einer engen Interaktion mit der Öffentlichkeit beschränkt. Diverse Veranstaltungen, darunter auch zwei Behördenseminare (siehe oben), wurden auf Sitzungsformate mit Videoübertragung geändert, was den üblicherweise intensiven Austausch nur beschränkt zuließ. Bis Mitte 2020 konnte sich das ENSI weiterhin an Führungen im Felslabor Mont Terri beteiligen, bevor das Besucherprogramm sukzessive eingeschränkt und dann komplett sistiert werden musste. Weiterhin stand das ENSI den Regionalkonferenzen und dazugehörigen Fachgruppen Sicherheit für Auskünfte zu Fachthemen zur Verfügung und nahm dabei an diversen Veranstaltungen mit Fachvorträgen teil.

Im Rahmen der 2018 in allen drei Standortgebieten gegründeten Begleitgruppen wurden die Vertreterinnen und Vertreter der von Bohrplätzen betroffe-

nen Gemeinden und Kantone auch 2020 regelmässig über die Bohraktivitäten in ihrem Standortgebiet informiert. Zusätzliche Treffen wurden seitens der betroffenen Gemeinden und Kantone nicht gewünscht.

9.3 Sondierbohrungen für die Etappe 3

Für die Tief- und Quartärbohrungen der Nagra ist das ENSI als Leitbehörde für die Freigaben von Bau, Betrieb und Verschluss sowie für die Kontrolle der Auflagen aus seinen Freigaben zuständig. Im Berichtsjahr erteilte das ENSI die Freigabe zur Ausführung der Quartärbohrung Adlikon-Dätwil, der letzten von insgesamt elf Quartärbohrungen.

Die Tiefbohrungen erreichen mit knapp bis über 1000 Metern Länge einen viel grösseren Abschnitt des geologischen Untergrunds als die Quartärbohrungen und durchqueren dabei das Wirtgestein. Dementsprechend wurden an ihre Umsetzung umfangreichere Anforderungen gestellt. Aus bohrtechnischer Sicht stellt unter anderem der mögliche Zutritt von Gas und Wasser eine vorgängig zu berücksichtigende Herausforderung dar. Mit den Freigaben präziserte und konkretisierte das ENSI die in den Bewilligungen allgemein formulierten Anforderungen an die Auslegung der Bohrungen und den Bohrbetrieb. Im Berichtsjahr wurden für die Tiefbohrungen Marthalen, Bözberg 1, Bözberg 2, Rheinau, Stadel 2 und Stadel 3 insgesamt zehn Freigabeanträge bearbeitet (sechs für die Bauphase, vier für die Betriebsphase). Die Kontrolle der mit den Freigaben verfügten Auflagen erfolgte neben dokumentarischen Nachweisen auch

über direkte Kontrollen auf den Bohrplätzen. Im Berichtsjahr wurden dazu 58 Inspektionen (zum Beispiel Bauabnahmen, technische Abnahmen der Bohranlagen, Brandschutzkontrollen, Kontrollen des Bohrbetriebs, Überwachung von Zementationsarbeiten) unter Wahrung der auf den Bohrplätzen eingesetzten Covid-19-Massnahmen durchgeführt. Während des laufenden Betriebs der Tiefbohrungen Trüllikon 1, Marthalen, Bözberg 1 und Bözberg 2 und Stadel 3 sichtete das ENSI darüber hinaus regelmässig die Tages- und Wochenrapporte sowie die täglich aktualisierten Prognosen. Zusätzlich zur operativen Aufsicht der Tiefbohrungen begleitete das ENSI an mehreren Terminen das wissenschaftliche Untersuchungsprogramm der Bohrungen vor Ort und nahm die dazu gewonnenen Bohrkern auf dem Bohrplatz oder im Kernzwischenlager der Nagra in Würenlingen in Augenschein. Ebenso wurden mit der Nagra diverse Fachsitzungen und Aufsichtsgespräche zu den Tiefbohrungen geführt.

9.4 Neuausgabe der Richtlinie ENSI-G03

Gemäss Artikel 11 Absatz 3 der Kernenergieverordnung sind spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager in Richtlinien des ENSI zu regeln. Die dazu verfasste Richtlinie ENSI-G03 war 2009 in Kraft gesetzt und in den Jahren 2018/19 überarbeitet worden. Die externe Anhörung der Neuausgabe der Richtlinie ENSI-G03 dauerte von September 2019 bis März 2020. Nach der externen Anhörung wurden die Richtlinie und der dazugehörige Erläuterungsbericht ENSI-intern überarbeitet,

Experiment im
Felslabor Mont Terri.
Foto: Comet



im Dezember 2020 veröffentlicht und per Januar 2021 in Kraft gesetzt.

Mit der geologischen Tiefenlagerung sind radioaktive Abfälle so zu entsorgen, dass der Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung dauerhaft gewährleistet ist. Dieses Schutzziel und die dazugehörigen Schutzkriterien sind in der Richtlinie ENSI-G03, «Geologische Tiefenlager», definiert. Ausserdem finden sich darin die Anforderungen an die Auslegung, den Bau, den Betrieb und die Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers. Auch die Anforderungen an den Nachweis der Sicherheit für die Betriebs- und Nachverschlussphase sind in der Richtlinie geregelt. Damit ergänzt und konkretisiert das ENSI die übergeordnete Gesetzgebung. Anforderungen an die Standortsuche im Rahmen des Sachplans werden hingegen separat im Rahmen des SGT festgelegt (siehe Unterkapitel 9.2).

9.5 Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung

Gemäss SGT unterstützt die Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung (EGT) das ENSI in seiner Arbeit zu den sicherheitstechnischen Beurteilungen. Die EGT verfasst zuhanden des ENSI Stellungnahmen zur geologischen Beurteilung der Standortgebiete und zur bautechnischen Machbarkeit von geologischen Tiefenlagern, nimmt Stellung zu Gesuchen für erdwissenschaftliche Untersuchungen und arbeitet im TFS und im FEU mit. Für das ENSI ist die EGT eine wichtige Wissensträgerin, da darin von der Nagra unabhängige Fachpersonen vertreten sind. EGT und ENSI legen jährlich ge-

meinsam die Schwerpunkte der Arbeiten der EGT fest. Das ENSI führt das Sekretariat der EGT.

Der EGT gehörten in der Berichtsperiode acht Mitglieder aus dem Hochschulbereich des In- und Auslands an, welche verschiedene in der geologischen Tiefenlagerung relevante Fachbereiche abdecken. Anfang 2020 konnte André Strasser, Universität Fribourg, als Experte für Sedimentologie gewonnen werden. Die Aktivitäten der EGT werden laufend auf der Website www.egt-schweiz.ch präsentiert.

Aufgrund der Covid-19-Pandemie wurden im Berichtsjahr mehrere Sitzungen per Videokonferenz durchgeführt. Es fanden sechs meist ganztägige, reguläre Plenarsitzungen der EGT statt. Im August besuchte die EGT das Kernzwischenlager der Nagra: Die Nagra erläuterte die Bearbeitung ihrer Bohrkerns und ermöglichte eine Besichtigung der aktuellen Kernaussage aus den Tiefbohrungen (siehe Unterkapitel 9.3). Zudem war die EGT in den zwei Plenarsitzungen des FEU und an den zwei Sitzungen des TFS vertreten (siehe Unterkapitel 9.2).

An zwei vom ENSI organisierten Behördenseminaren zur Methodik des sicherheitstechnischen Vergleichs (siehe Unterkapitel 9.2) nahmen jeweils mehrere EGT-Mitglieder teil, ebenso war die EGT an einem zweitägigen Workshop des ENSI zum Einsatz probabilistischer Verfahren beteiligt. Schliesslich vertraten zwei Mitglieder die EGT in zwei Fachsitzungen zum Thema Wassereintritt. Im Rahmen einer erweiterten EGT-Sitzung stellte Fritz Schlunegger einen Fachvortrag zum Thema «Quantifizierung der Landschaftsentwicklung während des Quartärs – Stand der Kenntnisse und konzeptuelle Überlegungen für weitere Fortschritte»



Besucherführung im Felslabor Mont Terri.
Bild: swisstopo



zur Diskussion. Die Präsentation kann auf der EGT-Website eingesehen werden.

Im November veröffentlichte die EGT einen Bericht zum Thema «Recommendations for Supplementary Investigations related to Repository Gas Transport in the Opalinus Clay» zuhanden des ENSI. Teile dieses Berichts wurden im TFS und in einem Webartikel der Öffentlichkeit vorgestellt. Ausserdem vertiefte die EGT mit dem ENSI und der Nagra an vier Fachsitzungen das Thema Tiefenlager-Gas.

Im Rahmen der öffentlichen Anhörung zur Neuauflage der Richtlinie ENSI-G03 über geologische Tiefenlager nahm die EGT erneut Stellung, nachdem sie bereits 2019 in deren Ausarbeitung einbezogen war (siehe Unterkapitel 9.4). Des Weiteren stellte die EGT dem ENSI ihre finalen Beiträge zum Projekt «Monitoringkonzept und -einrichtungen 2» und zum Forschungsplan des ENSI im Bereich geologischer Tiefenlager zu. Weitere Themen, mit denen sich die EGT im Berichtsjahr auseinandersetzte, umfassten die Möglichkeiten eines professionellen Datenmanagements für geologische Tiefenlagerprojekte in der Schweiz, den Stand des Wissens bezüglich Neotektonik sowie Faziesmodelle des Opalinustons und seiner Rahmengesteine.

9.6 Felslaboratorien

In der Schweiz betreibt swisstopo das Felslabor Mont Terri und die Nagra das Felslabor Grimsel. In diesen werden unter internationaler Beteiligung umfangreiche Forschungsprojekte zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle durchgeführt. Ziel der Forschung ist die Charak-

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

Das ENSI ist seit 2003 im Felslabor Mont Terri mit eigenen Experimenten an der Erforschung des Opalinustons und tiefenlagerrelevanter Prozesse beteiligt, um die behördeninterne Fachkompetenz aufzubauen und zu erhalten sowie eigene Datensätze und Modelle zu entwickeln. Das ENSI wird dabei wesentlich durch die Lehrstühle für Ingenieurgeologie an der ETH Zürich und der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen unterstützt und arbeitet darüber hinaus mit zahlreichen Institutionen aus dem In- und Ausland zusammen, namentlich mit der Universität Neuenburg, swisstopo, dem British Geological Survey und dem Lawrence Berkeley National Laboratory. Die Arbeitsprogramme für das Felslabor Mont Terri werden jährlich von einem Steuerungsausschuss gemeinsam festgelegt, in dem auch das ENSI als Projektpartner Einsitz hat. Details zu den aktuellen Experimenten unter Beteiligung oder Leitung des ENSI sind im Erfahrungs- und Forschungsbericht 2020 beschrieben. Als Projektpartner nutzt das

ENSI auch den Einblick in die Resultate aus weiteren Experimenten, an denen es sich nicht direkt beteiligt.

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

9.7 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 diversen 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 Unterkapitel 9.6) engagiert sich das ENSI in internationalen Forschungsprojekten zur Entsorgung und arbeitet in verschiedenen internationalen Gremien:

DECOVALEX

Das Projekt DECOVALEX ist eine internationale Forschungsk Kooperation, 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 siebzehn 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 nehmen neben dem ENSI Organisationen aus China, Deutschland, Kanada, Korea, USA und der Schweiz teil. Das Arbeitspaket befasst sich mit der Modellierung des Heizexperiments im Massstab 1:1 (Full-scale-Emplacement-Experiment, FE) im Felslabor Mont Terri. Die Daten werden von der Nagra und den anderen Partnern des Experiments zur Verfügung gestellt. Für das Arbeitspaket wurden drei Arbeitsschritte definiert. Im ersten Schritt erfolgt eine Vergleichsrechnung mit einem geometrisch vereinfachten zweidimensionalen Modell, das die wesentlichen auftretenden Prozesse berücksichtigt. Im zweiten Arbeitsschritt wird das FE-Experiment mit einer vereinfachten Geometrie berechnet. Dabei erfolgt zuerst eine modellbasierte Vorhersage durch die Teams, bevor die Messwerte zur Verfügung gestellt werden und eine Kalibrierung der Modelle anhand der Messergebnisse erfolgt. Im dritten Schritt wird eine realitätsnähere rechnerische Abbildung des FE-Experiments verwendet, unter Berücksichtigung der detaillierten Tunnelgeometrie sowie der Auswirkungen des Tunnelausbruchs und der anschliessenden Belüftungsphase.



Quartärbohrung in Adlikon-Dätwil.
Foto: Nagra

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. Ausserdem finden Workshops zu spezifischen Themenschwerpunkten statt. Aufgrund der Covid-19-Pandemie fand im Berichtsjahr nur eine virtuelle Sitzung statt.

BenVaSim

Seit 2013 besteht eine Kooperationsvereinbarung zwischen dem ENSI und dem Lehrstuhl für Deponietechnik und Geomechanik der Technischen Universität (TU) Clausthal. Diese Vereinbarung ermöglicht einen Informationsaustausch über die Themen der hydromechanischen Modellierung. Die TU Clausthal lancierte 2017 das Projekt BenVaSim (Internationales Benchmarking zur Verifizierung und Validierung von Simulatoren, die gekoppelte thermisch-hydraulisch-mechanische Prozesse berechnen können). Im Rahmen der Kooperationsvereinbarung nimmt das ENSI am Projekt teil, an dem sich ebenfalls die Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit in Braunschweig und Köln, das Lawrence Berkeley National Laboratory und die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover beteiligen. Mit dem BenVaSim-Symposium im Dezember 2020 wurde das Projekt offiziell beendet. Im Erfahrungs- und Forschungsbericht 2020 des ENSI wird über die wissenschaftlichen Resultate des Projekts berichtet.

IGSC

Das ENSI beteiligte sich im Berichtsjahr ebenfalls an den Aktivitäten der Arbeitsgruppen der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit (OECD) und der Nuclear Energy Agency (NEA): Integration Group for the Safety Case (IGSC), Working Group on Measurements and Physical Understanding of Groundwater Flow through Argillaceous Media (Clay Club) und der 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 bereits bestehender Betriebserfahrung.

Im Berichtsjahr fand aufgrund der Covid-19-Pandemie kein Treffen der Arbeitsgruppe IGSC statt. Die Arbeitsgruppe hat im Berichtsjahr zu ihrem 20. Jubiläum eine Broschüre zum Thema «Two decades of Safety Case Development» veröffentlicht (https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_52665).

Clay Club

Die «Working Group on Measurements and Physical Understanding of Water 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 vom 23. September 2020 wurde über die laufenden Projekte informiert sowie die Planung zukünftiger Projekte diskutiert. Ausserdem gab es einen Statusbericht des deutschen Bundesamts für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung als neues Mitglied. Erstmals nahm China als Gast teil und präsentierte den Status der Standortsuche in China.

Unter der Leitung der Universität Bern wird das Projekt CLAYWAT (Binding state and mobility of WATER in CLAY-rich media) bearbeitet. Darin geht es um die Verbesserung der Methoden zur Bestimmung des Porenwassergehaltes in Tonen und Schiefertönen, die Interpretation der Porenwasser-Zusammensetzung aus Extraktionsexperimenten, die advective Mobilität des Porenwassers und die Evaluation geeigneter Methoden zur Charakterisierung des Bindungszustands von Porenwasser. Im Erfahrungs- und Forschungsbericht 2020 des ENSI wird über die wissenschaftlichen Resultate des Projekts berichtet.

EGOS

Die Expertengruppe «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 vier Berichtsentwürfe zu den Themen «Fire Risk Management», «Development of Waste Acceptance Criteria», «Transport and Emplacement Systems» und «Gefährdungsbilder für den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers». Aufgrund der Covid-19-Pandemie fand im Berichtsjahr keine Jahressitzung statt.

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, unfallbedingter Flugzeugabsturz 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 dem Artikel 41 der Kernenergieverordnung verlangt das ENSI für alle schweizerischen KKW PSA-Studien der Stufen 1 und 2. Die 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 durchgeführt. 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. Jede Betreiberin hat eine anlagenspezifische PSA entwickelt und aktualisiert diese regelmässig.

Im Berichtsjahr wurden im Wesentlichen folgende Arbeiten durchgeführt:

- Im Rahmen der Umsetzung der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 aktualisierten das Kernkraftwerk Beznau (KKB), das Kernkraftwerk Gösgen (KKG) und das Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) verschiedene Fragility-Analysen.

Ferner reichte das KKB zur Bewertung des Risikos aus dem Leistungsbetrieb eine PSA für das Brennelementlagerbecken und eine Stufe-2-PSA ein.

- Die vom Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) zur Erfüllung von Dispositivziffer 2 C der Verfügung vom 26. Mai 2016 eingereichten, auf den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 basierenden PSA-Studien für die Etablierung des technischen Nachbetriebs und die Stilllegungsphase 1 wurden vom ENSI akzeptiert.

Die International Atomic Energy Agency (IAEA) empfiehlt für bereits bestehende Anlagen im Leistungsbetrieb ein probabilistisches Sicherheitsziel einer Kernschadenshäufigkeit von weniger als 10^{-4} pro Jahr. Das KKB, KKG und KKL halten dieses gemäss den per Ende 2020 vorliegenden Analysen ein. Für abgeschaltete KKW hat die IAEA kein entsprechendes Sicherheitskriterium formuliert. Die Brennstoffschadenshäufigkeit des KKM lag per Ende 2020 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 Kernkraftwerksbetreiberinnen reichten eine probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung des Vorjahres (2019) 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 2019 erfüllten die Anforderungen gemäss der Richtlinie ENSI-A06.

Unter latenten Fehlern werden Fehler verstanden, die unentdeckt bleiben, bis die betroffene Komponente angefordert oder geprüft wird. Für das kumulative Risiko können sie wichtig sein, weil hier neben der momentanen Risikohöherung durch eine Komponentenunverfügbarkeit auch die Dauer der Unverfügbarkeit eine Rolle spielt. Im Jahr 2019 wurden in den beiden Blöcken des KKB keine latenten Fehler beobachtet. Im KKG wurde beim Ausfall des Leistungsstellers für den Regelantrieb TH30S008 eine latente Unverfügbarkeit angenommen. Im KKL ergab sich eine latente Unverfügbarkeit des Vergiftungssystems (Standby Liquid Control System, SLCS). Im KKM wurde ein latenter Fehler des Containment-Rückpumpensystems (CRS) angenommen. Die im Betriebsjahr beobachteten latenten Fehler hatten ausser im KKG (ca. 8 % des jährlichen kumulativen Risikos) einen sehr geringen Einfluss auf das kumulative Risiko.

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 Bewertungsskala für nukleare Ereignisse (INES) zugeordnet.

Im Berichtsjahr (2020) war ein Vorkommnis von risikotechnischer Bedeutung. Die Montageabweichung bei den Anschlagbegrenzern der Dieselgeneratoren der Notstandssysteme des KKB, die für Erdbebenstörfälle von sicherheitstechnischer Bedeutung sind, bewirkt eine $ICCDP_{Vorkommnis}$ die grösser als 10^{-6} und kleiner als 10^{-4} ist. Dies ergibt aus risikotechnischer Sicht eine Einstufung als INES-1 für jeden Block. Die übrigen meldepflichtigen Vorkommnisse des Berichtjahres waren risikotechnisch unbedeutend, das heisst, sie wurden auf der INES-Skala 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 auf einem separaten 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 folgenden Funktionen:

- Das PI-Modul unterstützt den Picketingenieur (PI) des ENSI im Einsatzfall. Es bereitet die ANPA-Werte grafisch so auf, dass sich der PI bei einem Störfall rasch über dessen Ablauf und Ausmass ins Bild setzen kann.
- Das Diagnosemodul interpretiert die ANPA-Werte und liefert Hinweise zu möglichen Ursachen eines Störfalls und zum Zustand wichtiger Anlagenteile.
- Mit dem Simulationsmodul können Unfallabläufe simuliert werden. Damit kann der Eintrittszeitpunkt bestimmter kritischer Ereignisse bei einem schweren Unfall (Kernschaden, Versagen des Reaktordruckbehälters, gefilterte Druckentlastung usw.) abgeschätzt werden.
- Das STEP-Modul (Source Term Estimation Program) verwendet ANPA-Werte und Benutzereingaben, um Quellterme (Menge und Zeitverlauf der Freisetzung radioaktiver Stoffe) bei einem schweren Unfall abzuschätzen. Diese Quellterme wiederum können für Ausbreitungsrechnungen verwendet werden.

Das Modul für das KKM wurde im Berichtsjahr auf den neuen Betriebszustand (Stilllegungsphase I) angepasst. Ferner erweiterte das ENSI das ADAM-System für alle Kernkraftwerke mit Angaben zu den Brennelementlagerbecken.

Anhang

Erläuterungen zur Sicherheitsbewertung		93
Abbildung 1	ENSI-Sicherheitsbewertungsskala	94
Abbildung 2	Definition der ENSI-Kategorien G, N, V und A	96
Tabelle 1	Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2020	97
Tabelle 2	Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2020	97
Tabelle 3	Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2020	97
Tabelle 4	Meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2020	98
Tabelle 5	Kollektivdosen in den schweizerischen KKW im Berichtsjahr	99
Tabelle 6	Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und bei der Bundessammelstelle am PSI per 31.12.2020	99
Tabelle 7	Radioaktive Abfälle in den Anlagen der Zwiilag per 31.12.2020	99
Figur 1	Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung 2011–2020	100
Figur 2	Meldepflichtige Vorkommnisse 2011–2020	102
Figur 3	Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams) 2011–2020	103
Figur 4	Brennstabschäden (Anzahl Stäbe) 2011–2020	104
Figur 5a	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	105
Figur 5b	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	105

Erläuterungen zur Sicherheitsbewertung

Das ENSI hat die Grundzüge der systematischen Sicherheitsbewertung im Dokument «Integrierte Aufsicht: ENSI-Bericht zur Aufsichtspraxis» (ENSI-AN-8526) dargestellt. Dieser Bericht ist auf der ENSI-Website verfügbar.

Das ENSI hat die Ergebnisse von Inspektionen, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisanalysen und die Sicherheitsindikatoren nach dem beschriebenen System bewertet.

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

Zentrale Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung der Kernkraftwerke sind jeweils am Schluss der Kapitel 1 bis 3 unter dem Punkt «Sicherheitsbewertung» dargestellt.

Abbildung 1:
 ENSI-Sicherheitsbewertungsskala, basierend auf der Internationalen Ereignisskala INES

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

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

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

**Vorkommnisklassierungen:
 Radioaktive Abgaben
 an die Umwelt**

Teilskala 1

**Vorkommnisklassierungen:
 Strahlenexposition
 des Personals**

Teilskala 2

**Vorkommnisklassierungen:
 Gestaffelte Sicherheitsvorsorge**

Teilskala 3

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

0 ICCDP_{Vork.} < 1E-6

Vorkommnisklassierungen:
ICCDP_{Vorkommnis}
gemäss ENSI-A06

Teilskala 4

7	7	Schwerwiegender Unfall
6	6	Ernsthafter Unfall
5	5	Unfall mit Gefährdung der Umgebung
4	4	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung
3	3	Ernsthafter Zwischenfall
2	2	Zwischenfall
1	1	Anomalie
unterhalb der Skala	A	A Abweichung
	V	V Verbesserungsbedarf
	N	N Normalität
	G	G Gute Praxis
INES	ENSI	Zellen-Bewertungen in Sicherheitsbewertungsmatrix

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

Kategorien	Kriterien
≥1	nach INES-Kriterien
A Abweichung	<ul style="list-style-type: none"> als Vorkommnis gemäss Richtlinie ENSI-B03 meldepflichtiger Sachverhalt, der nicht als INES ≥ 1 einzustufen ist Abweichung von einem Gesetz, einer Verordnung, einer behördlichen Richtlinie, welche gesetzliche Anforderungen präzisiert, oder von Vorgaben in freigabepflichtigen Dokumenten, falls die Abweichung eine relevante Auswirkung auf die nukleare Sicherheit hat bei Vorkommnissen: $10^{-8} < ICCDP_{Vork.} < 10^{-6}$
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 <p>Im Fall einer besonderen Bedeutung, ist eine Höherstufung auf A möglich.</p>
N Normalität	<ul style="list-style-type: none"> Erfüllung der Vorgaben
G Gute Praxis	<ul style="list-style-type: none"> Erfüllung der Vorgaben und deutliches Übertreffen der Praxis in anderen Anlagen

	KKB 1	KKB 2	KKG	KKL
Thermische Leistung [MW]	1130	1130	3002	3600
Elektrische Bruttoleistung [MW]	380	380	1060	1275
Elektrische Nettoleistung [MW]	365	365	1010	1220
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 2020

	KKB 1	KKB 2	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	8609	9183	25028	27317
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	2785	2956	8250	9050
Abgegebene thermische Energie [GWh]	138,5	13,3	243,3	-
Zeitverfügbarkeit ¹ [%]	87,2	93,1	95,2	88,0
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	9,6	3,7	5,1	12,6
Arbeitsausnutzung ² [%]	87,0	92,3	94,2	84,7
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	0	0	1	0
Unvorhergesehenes Abfahren der Anlage	1	1	0	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen ³ (> 10% P _N)	0	1	2	0

Tabelle 2:
Betriebsdaten der
schweizerischen
Kernkraftwerke 2020

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

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

³ > 10% P_N an der Tagesleistung gemessen

	KKB 1 + 2	KKM	KKG	KKL
Reaktoroperateure	37 (36)	18 (19)	33 (31)	23 (24)
Schichtchefs	29 (27)	12 (15)	19 (19)	15 (15)
Piketingenieure	14 (14)	6 (8)	11 (12)	16 (16)
Strahlenschutzsachverständige	8 (8)	4 (5)	4 (4)	4 (4)
Strahlenschutzfachkräfte	11 (11)	12 (12)	6 (5)	13 (9)
Strahlenschutztechniker	6 (6)	9 (9)	6 (6)	6 (6)
Gesamtbelegschaft (Personen)	467 (456)	296 (307)	566 (553)	514 (497)

Tabelle 3:
Bestand an zulassungs-
pflichtigem Personal
und Gesamtbelegschaft
in den Kernkraftwerken
(ohne Lernende) Ende
2020 (in Klammern
Werte von 2019)

Tabelle 4:
*Meldepflichtige
 Vorkommnisse im
 Bereich der nuklearen
 Sicherheit 2020*

Datum	KKW	Vorkommnis	Einstufung INES
10.1.2020	KKL	Kontamination in einem Pumpenraum	0
21.2.2020	KKB	Unterbruch der 50-kV-Versorgung	0
5.3.2020	KKB 2	Reparaturbedingtes Abfahren einer Turbogruppe	0
18.3.2020*	KKG	Fehlerhaft kalibrierte Füllstandsmessungen	0
21.4.2020	KKM	Defekter Leistungsschalter	0
21.4.2020	KKB 1	Zu tiefer Füllstand im Borwasservorratstank	0
9.5.2020	KKM	Leckage am Hilfskühlwassersystem	0
28.5.2020	KKB	Fehlbeladung eines Brennelementbehälters	0
22.6.2020	KKG	Startversagen eines Notstromdiesels bei einer Prüfung	0
20.7.2020	KKB	Mangelhafte Handhabungseinrichtungen für Brennelementbehälter	0
20.7.2020	KKM	Mangelhafte Handhabungseinrichtungen für Brennelementbehälter	0
20.7.2020	KKL	Mangelhafte Handhabungseinrichtungen für Brennelementbehälter	0
20.7.2020	KKG	Mangelhafte Handhabungseinrichtungen für Brennelementbehälter	0
18.8.2020	KKG	Ungeplante Leistungsreduktion bei Funktionsprüfung	0
9.9.2020	KKL	Nichtbeachtung der Dosimetertragpflicht	0
9.9.2020	KKB	Fehlerhafte Flansche im Notstand-Steuerluftsystem	0
19.10.2020	KKG	Reaktorschnellabschaltung infolge fehlerhaft durchgeführter Funktionsprüfung	0
3.12.2020	KKB 1	Bruch einer Verankerungsschraube einer Ladepumpe	0
7.12.2020	KKM	Austritt von kontaminiertem Wasser	0
7.12.2020	KKB	Fehlende Anschlagbegrenzer an den Notstanddieseln	1
9.12.2020	KKG	Turbinenschnellabschaltung infolge fehlerhaft ausgeführter Funktionsprüfung	0

* Datum, an dem die Meldepflicht erkannt wurde

	KKB 1		KKB 2		KKG		KKL		KKM	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Aktionen										
Stillstände	205	226	267	36	195	113	925	938		
Stilllegung										458
Leistungsbetrieb*	44	37	43	34	91	49	356	317	230	
Total	249	263	310	70	286	162	1281	1255	230	458

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

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

	Anfall	unkonditioniert		Produktion	konditioniert	
		Auslagerung ¹	Bestand		Auslagerung ²	Bestand
PSI	59 ³	22	621	13	-	1621
KKB	20	-	49	10	-	1209
KKM	71	73	60	7	150	656
KKG	14	13	18	4	22	91
KKL	64	62	6	29	22	1407
Total	228	170	754	63	194	4984
Anzahl Behälter mit Brennelementen im KKB				Zugang 1	-	14

Tabelle 6:
Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und bei der Bundessammelstelle am PSI per 31.12.2020 (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

³ Enthält eine Grosskomponente (25 m³), die nach der Bearbeitung bei der Zwiilag zurück an das PSI transferiert wurde

	unkonditioniert			konditioniert
	Anfall ¹	Annahme zur Konditionierung bzw. Triage ²	Bestand ³	Produktion
Verarbeitung [m ³]	24	364	411	30
Bestand (konditionierte Abfälle)		Einlagerung	Auslagerung	Bestand
Bruttovolumen konditionierter Abfälle ⁴ [m ³]		219	-	2570
Anzahl Behälter mit Brennelementen		-	-	46
Anzahl Behälter mit Glaskokillen		-	-	23
Anzahl Behälter mit Lucens-Abfällen		-	-	6

Tabelle 7:
Radioaktive Abfälle in den Anlagen der Zwiilag per 31.12.2020

¹ Hierin enthalten sind:

- Sekundärabfälle aus allen Betriebsbereichen der Zwiilag
- Im Werksauftrag entstandene, zu verarbeitende Abfälle

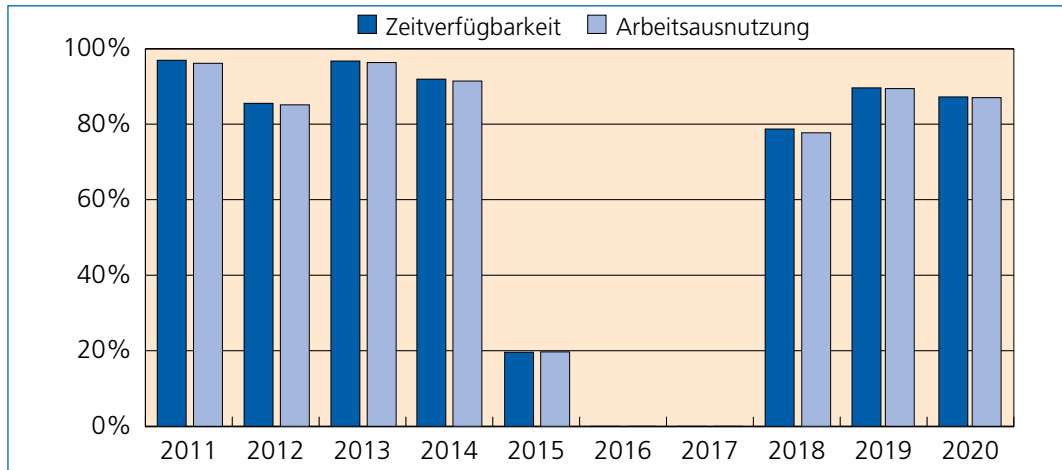
² Nur teilweise radioaktiver Abfall

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

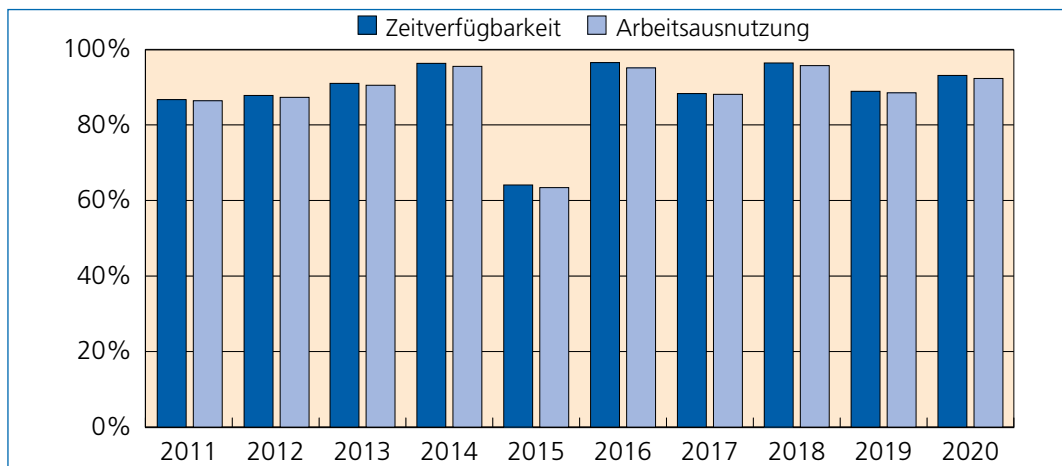
⁴ Alle Lagerteile der Zwiilag ausgenommen separat aufgeführtem Bestand des HAA-Lagers

Figur 1:
Zeitverfügbarkeit
und Arbeitsausnutzung
2011–2020

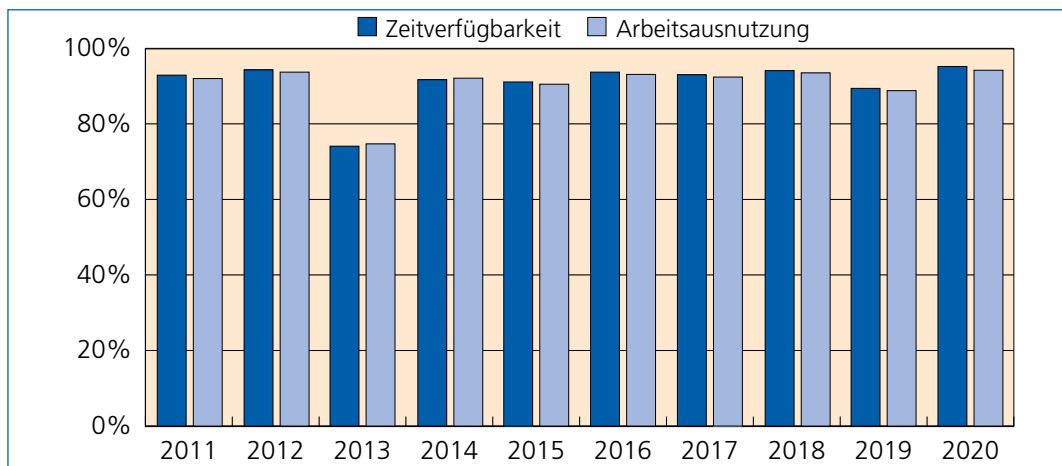
KKB 1

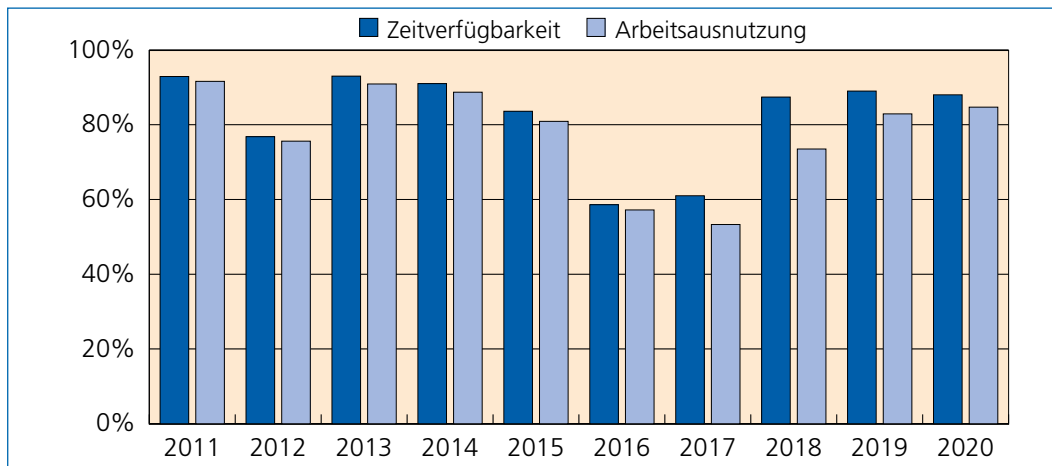


KKB 2



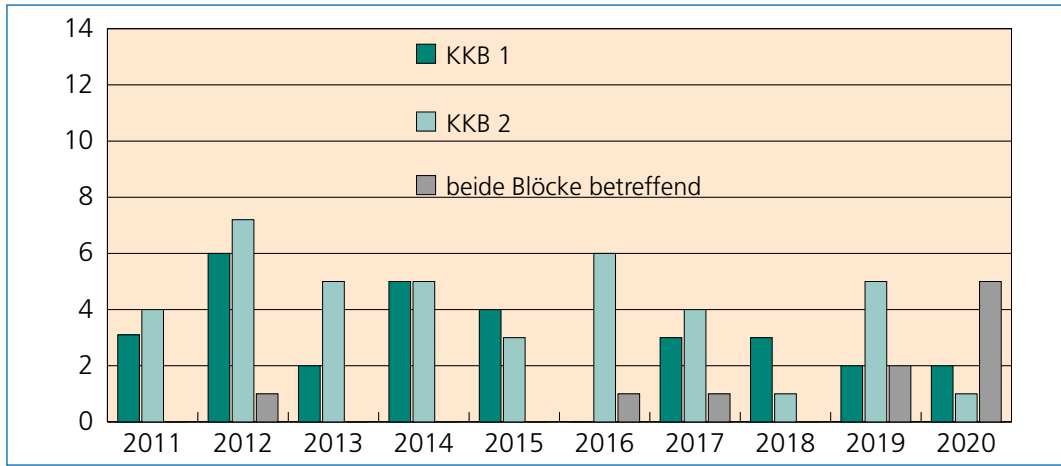
KKG



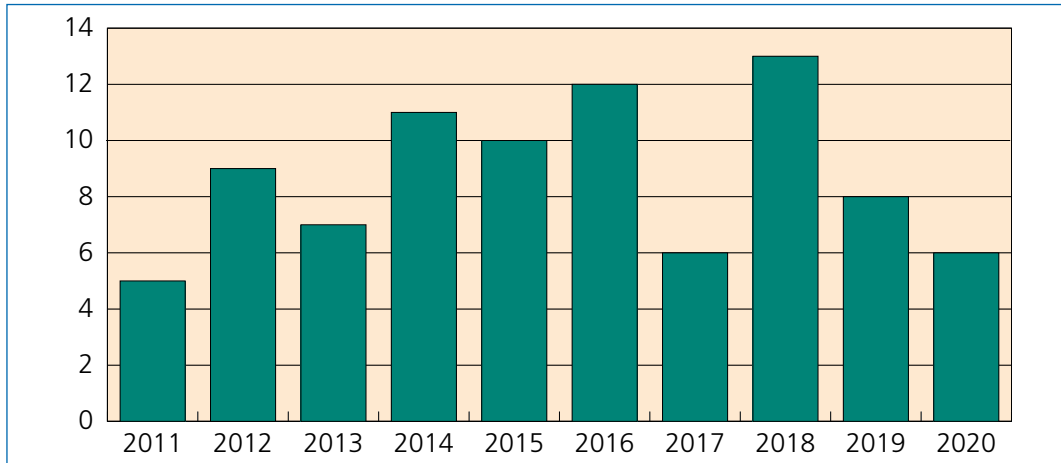


Figur 2:
Meldepflichtige
Vorkommnisse im
Bereich der nuklearen
Sicherheit 2011–2020

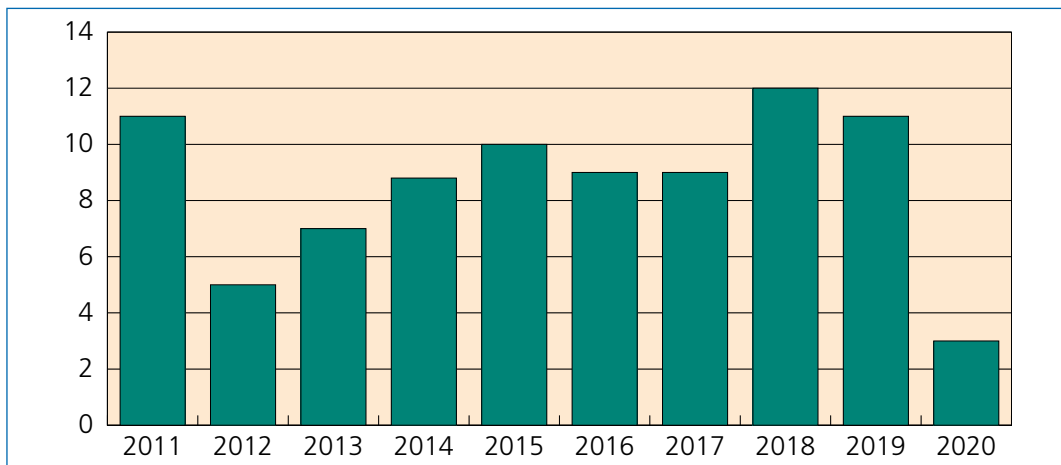
KKB 1 + 2



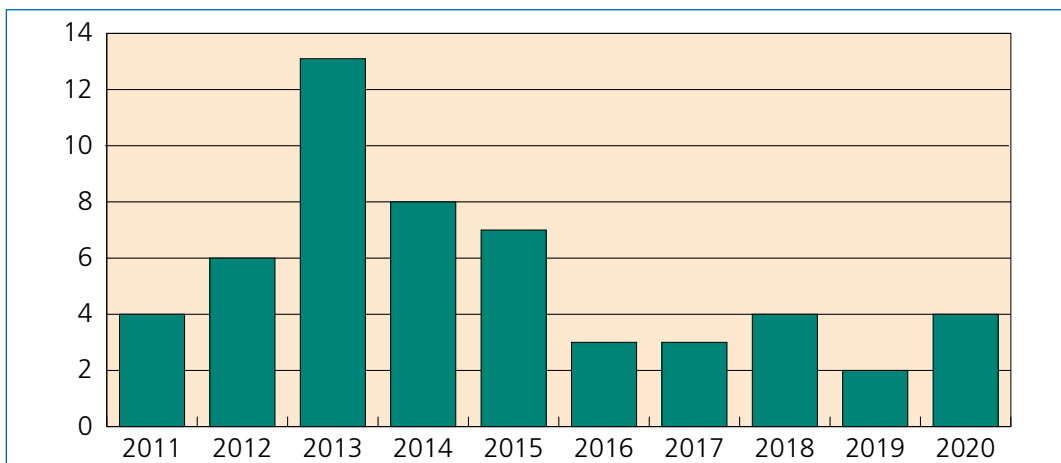
KKG

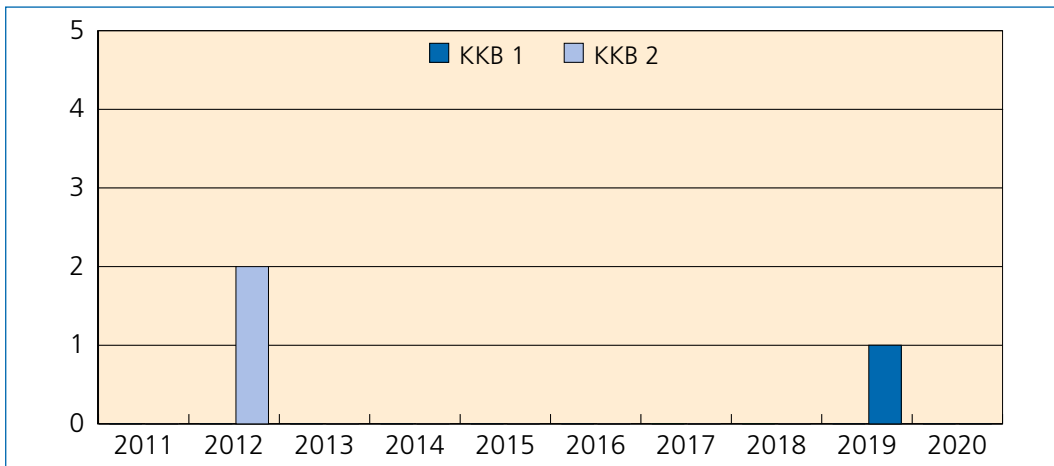


KKL



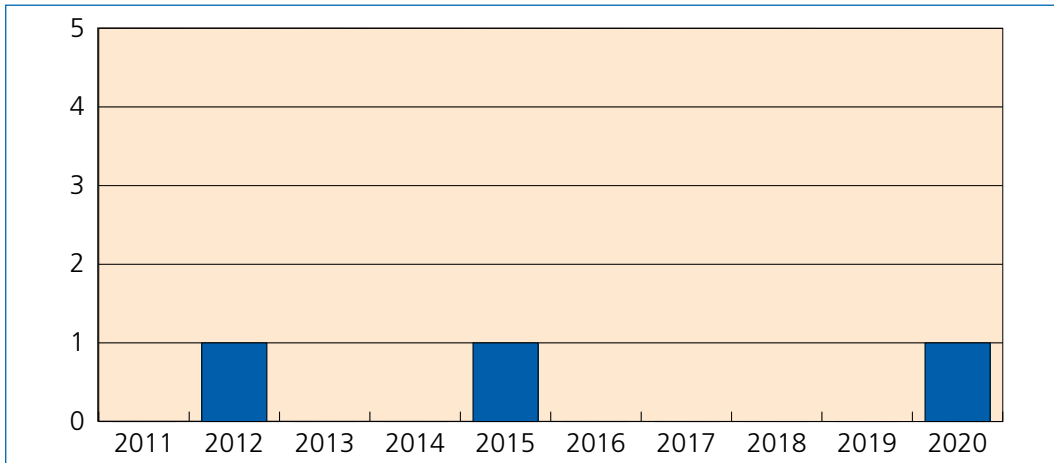
KKM



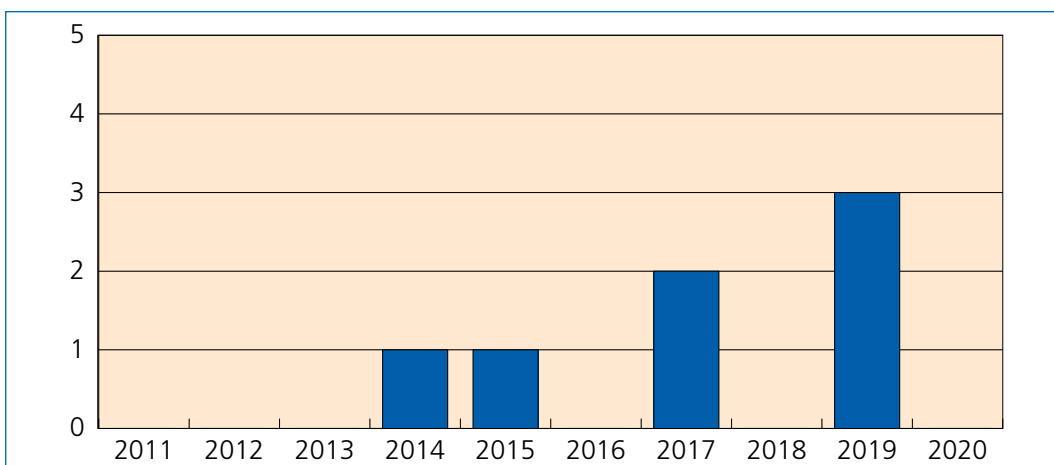


Figur 3:
Ungeplante Reaktor-
schnellabschaltungen
(Scrams) 2011–2020

KKB 1 + 2



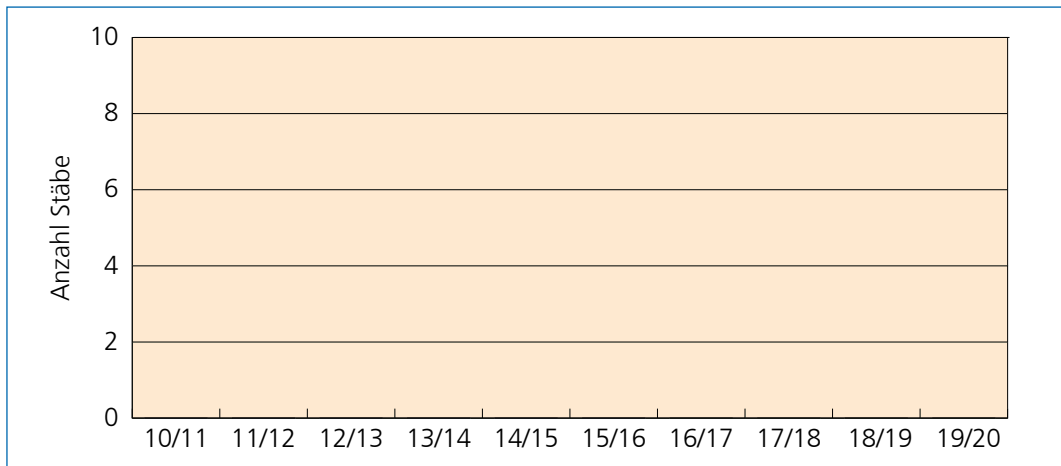
KKG



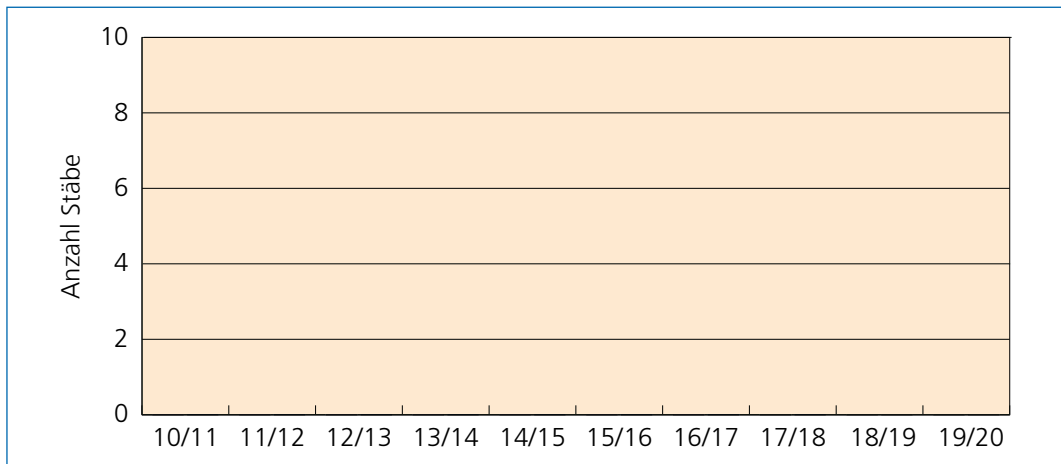
KKL

Figur 4:
 Brennstabschäden
 (Anzahl Stäbe)
 2011–2020

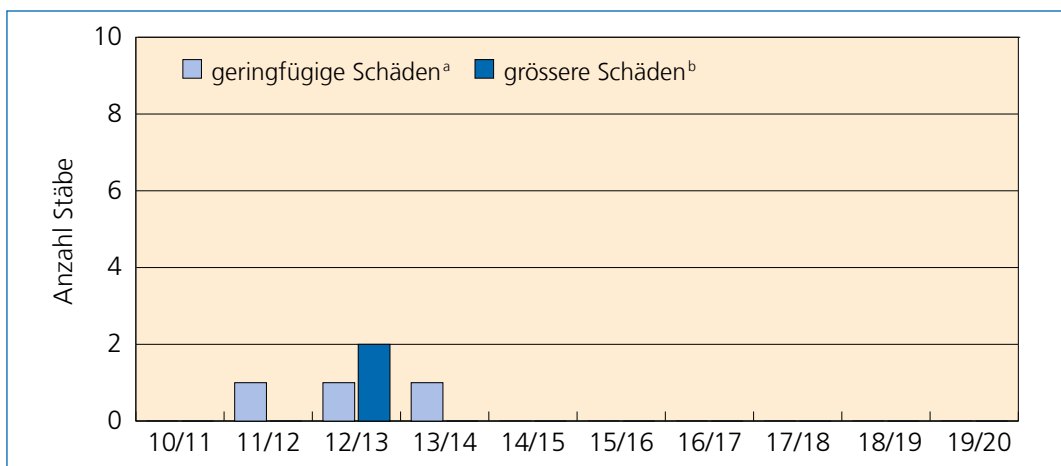
KKB 1 + 2



KKG

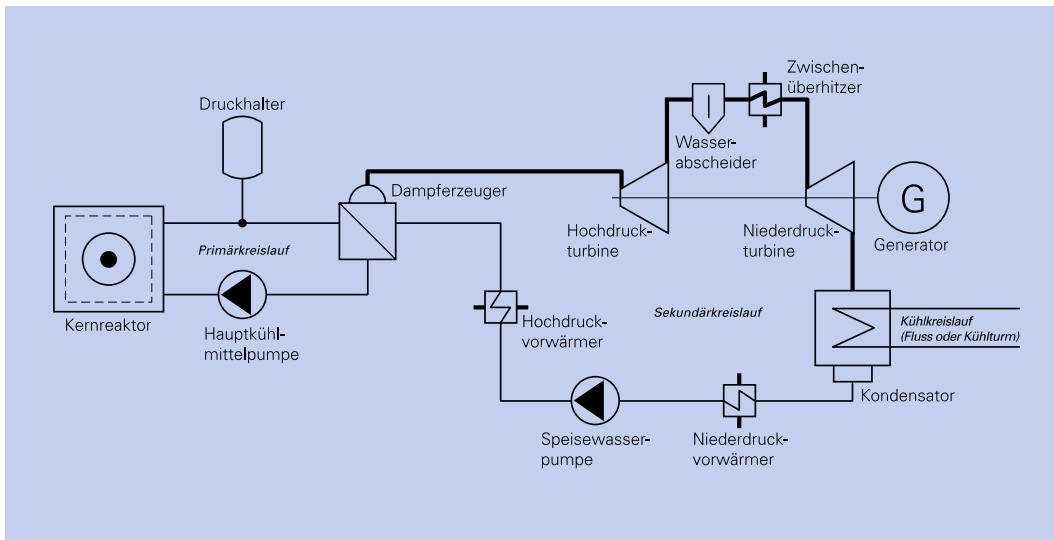


KKL

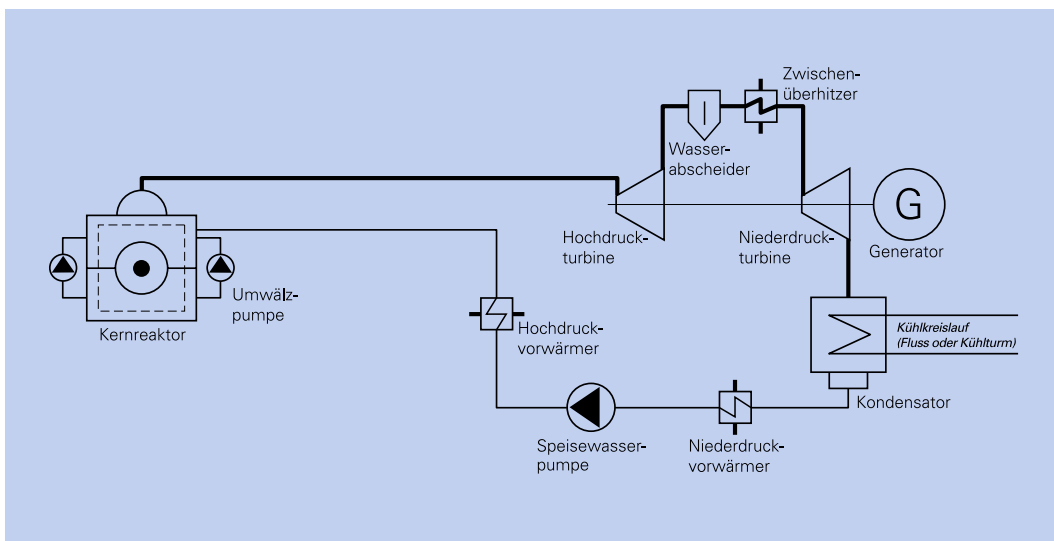


^a z. B. Haarrisse
 im Hüllrohr

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



Figur 5a:
 Funktionsschema eines
 Kernkraftwerks mit
 Druckwasserreaktor



Figur 5b:
 Funktionsschema eines
 Kernkraftwerks mit
 Siedewasserreaktor

Herausgeber

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Industriestrasse 19
5201 Brugg
info@ensi.ch
www.ensi.ch

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

ENSI-AN-10960
ISSN 1661-2876

© ENSI, Juni 2021

ENSI-AN-10960
ISSN 1661-2876

ENSI, Industriestrasse 19, 5201 Brugg, Schweiz, Telefon +41 56 460 84 00, info@ensi.ch, www.ensi.ch