



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 2019

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

## **Aufsichtsbericht 2019**

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

## **Rapport de Surveillance 2019**

sur la sécurité nucléaire dans les installations nucléaires en Suisse

## **Regulatory Oversight Report 2019**

concerning nuclear safety in Swiss nuclear installations

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>Préface</b>	<b>6</b>
<b>Foreword</b>	<b>7</b>
<b>Zusammenfassung und Übersicht</b>	<b>9</b>
<b>Résumé et aperçu</b>	<b>12</b>
<b>Summary and Overview</b>	<b>15</b>
<b>1. Kernkraftwerk Beznau</b>	<b>19</b>
1.1 Überblick	19
1.2 Betriebsgeschehen	20
1.3 Anlagentechnik	25
1.4 Strahlenschutz	26
1.5 Radioaktive Abfälle	28
1.6 Notfallbereitschaft	28
1.7 Personal und Organisation	29
1.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	29
1.9 Sicherheitsbewertung	29
<b>2. Kernkraftwerk Mühleberg</b>	<b>33</b>
2.1 Überblick	33
2.2 Betriebsgeschehen	34
2.3 Anlagentechnik	35
2.4 Strahlenschutz	35
2.5 Radioaktive Abfälle	36
2.6 Notfallbereitschaft	37
2.7 Personal und Organisation	38
2.8 Vorbereitung der Stilllegung	39
2.9 Sicherheitsbewertung	39
<b>3. Kernkraftwerk Gösgen</b>	<b>41</b>
3.1 Überblick	41
3.2 Betriebsgeschehen	42
3.3 Anlagentechnik	46
3.4 Strahlenschutz	47
3.5 Radioaktive Abfälle	48
3.6 Notfallbereitschaft	49
3.7 Personal und Organisation	49
3.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	50
3.9 Sicherheitsbewertung	51
<b>4. Kernkraftwerk Leibstadt</b>	<b>53</b>
4.1 Überblick	53
4.2 Betriebsgeschehen	54
4.3 Anlagentechnik	61
4.4 Strahlenschutz	62
4.5 Radioaktive Abfälle	63
4.6 Notfallbereitschaft	64
4.7 Personal und Organisation	65
4.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	66
4.9 Sicherheitsbewertung	66

<b>5.</b>	<b>Zentrales Zwischenlager Würenlingen</b>	<b>69</b>
5.1	Zwischenlagergebäude	69
5.2	Konditionierungsanlage	70
5.3	Plasma-Anlage	70
5.4	Strahlenschutz	71
5.5	Notfallbereitschaft	71
5.6	Personal und Organisation	72
5.7	Vorkommnisse	72
5.8	Gesamtbeurteilung	72
<b>6.</b>	<b>Paul Scherrer Institut</b>	<b>73</b>
6.1	Hotlabor	73
6.2	Kernanlagen in der Stilllegung	74
6.3	Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle	76
6.4	Strahlenschutz	77
6.5	Notfallbereitschaft	77
6.6	Personal und Organisation	78
6.7	Vorkommnisse	79
6.8	Schule für Strahlenschutz am PSI-Bildungszentrum	79
6.9	Reaktorschule am PSI-Bildungszentrum	80
<b>7.</b>	<b>Weitere Kernanlagen</b>	<b>81</b>
7.1	École Polytechnique Fédérale de Lausanne	81
7.2	Universität Basel	82
<b>8.</b>	<b>Transporte und Behälter</b>	<b>83</b>
8.1	Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	83
8.2	Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	83
8.3	Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung	84
8.4	Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	85
8.5	Inspektionen und Audits	86
<b>9.</b>	<b>Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle</b>	<b>87</b>
9.1	Einleitung	87
9.2	Sachplan geologische Tiefenlager	88
9.3	Sondierbohrungen für die Etappe 3	89
9.4	Neuausgabe der Richtlinie ENSI-G03	90
9.5	Expertengruppe geologische Tiefenlagerung	90
9.6	Felslaboratorien	91
9.7	Internationaler Wissenstransfer	92
<b>10.</b>	<b>Anlagenübergreifende Themen</b>	<b>95</b>
10.1	Probabilistische Sicherheitsanalysen	95
10.2	Risikotechnische Beurteilung der Betriebserfahrung	95
10.3	ADAM-System	96
	<b>Anhang</b>	<b>97</b>

# Vorwort



Das Jahr 2019 stand im Zeichen eines historischen Ereignisses für die Schweiz: Das Kernkraftwerk Mühleberg hat am 20. Dezember 2019 als erstes kommerzielles Kernkraftwerk des Landes den Leistungsbetrieb definitiv eingestellt. Für die Koordination der internen und externen Aufsichtsarbeiten zur Stilllegung hat das ENSI eine eigene Sektion geschaffen und ein neues Aufsichtskonzept erstellt. Die Vorbereitungsarbeiten des Betreibers für den technischen Nachbetrieb sowie für die Rückbau- und die Stilllegungsphase 1 wurden sicher umgesetzt. Davon konnten wir uns anhand von Inspektionen, Analysen und Fachgesprächen überzeugen. Alle Schutzziele wurden eingehalten.

Auch der reguläre Betrieb der Schweizer Kernanlagen erfüllte 2019 die Anforderungen an die nukleare Sicherheit und Sicherung. Der Schutz der Bevölkerung und der Umwelt war jederzeit gewährleistet. Die Sicherheit des Anlagenbetriebs überprüften wir mit insgesamt 490 angemeldeten und unangemeldeten Inspektionen.

Im Berichtsjahr ereigneten sich in den Kernkraftwerken 30 meldepflichtige Vorkommnisse – im Vorjahr lag die Zahl bei 33. Mit einer Ausnahme

stufen wir alle Vorkommnisse auf der internationalen Ereignisskala der IAEA als INES 0 (das heisst ohne sicherheitstechnische Bedeutung) ein. Der Einsatz von nicht auf ihre Eignung bei Störfallbedingungen geprüften Druckmessumformern im Kernkraftwerk Gösgen führte zu einer INES-1-Bewertung. Das ENSI analysiert sämtliche Vorkommnisse, bewertet die Massnahmen des jeweiligen Werks zur Ursachenbehebung und zur Vorsorge und stellt nötigenfalls weitere Forderungen, die sich aus der Vorkommnisuntersuchung ergeben. Besonders beschäftigten uns im Berichtsjahr die Prüfprotokollfälschungen im Kernkraftwerk Leibstadt, beziehungsweise die hiermit verbundenen Fragestellungen aus dem Bereich «Mensch und Organisation». Die Massnahmen, die das Kernkraftwerk Leibstadt seither zur Qualitätssicherung ergriffen hat, und die tiefgreifende Überprüfung der Sicherheitskultur wurden vom ENSI eng begleitet. Ausserdem reichte das ENSI Strafanzeige gegen den Mitarbeiter ein.

Das ENSI trägt auch die Gesamtverantwortung für die sicherheitstechnische Beurteilung der geologischen Standortgebiete und Standorte. Die drei festgelegten Gebiete Jura Ost, Zürich Nordost und Nördlich Lägern werden in der dritten Phase des Sachplans geologische Tiefenlager von der Nagra weiter untersucht. 2019 legte die Nagra ihre Vorschläge zur Platzierung der Oberflächeninfrastrukturen vor. Eigene Forschungsprojekte zur Tiefenlagerung sind für uns zentral, um die Sicherheit der geplanten Entsorgungslösung für radioaktive Abfälle bewerten zu können. Hervorzuheben sind dabei die Experimente im Felslabor Mont Terri und Gutachten unter Einbezug externer Experten. Um auf dem neusten Stand von Wissenschaft und Technik zu sein, engagieren wir uns zudem in internationalen Forschungsprojekten. Ausserdem wurde im Berichtsjahr die Richtlinie zur geologischen Tiefenlagerung grundlegend überarbeitet. Im publizierten Entwurf der Neuausgabe haben wir die neusten internationalen Empfehlungen in die für die Schweiz geltenden Vorgaben integriert.

Wir arbeiten stets an den Grundlagen unserer Aufsichtstätigkeit. In diesem Rahmen haben wir unser Regelwerk zu den Auslegungsanforderungen an

Kernkraftwerke und zum Notfallschutz aktualisiert und die Richtlinie zu wiederkehrenden Prüfungen für sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen in die öffentliche Anhörung geschickt.

Ich bedanke mich bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern dafür, dass sie ihr Fachwissen in den Dienst der Aufsichtsbehörde stellen und sich auch im Berichtsjahr mit grossem Einsatz und viel Engagement verantwortungsvoll für die Stärkung der nuklearen Sicherheit und Sicherung in der Schweiz eingesetzt haben.

Dr. Hans Wanner  
Direktor  
Juni 2020

# Préface

L'année 2019 a été marquée par un événement historique pour la Suisse: la centrale nucléaire de Mühleberg, la première parmi les centrales nucléaires commerciales du pays, a définitivement cessé son fonctionnement en puissance le 20 décembre 2019. L'IFSN a mis sur pied une propre section et a élaboré un nouveau concept de surveillance pour la coordination des travaux de surveillance interne et externe en rapport avec la désaffectation. Les travaux préparatoires de l'exploitant pour la post-opération technique, ainsi que pour la première phase de démantèlement et de désaffectation, ont été mis en œuvre de manière sûre. Nous avons pu nous en convaincre sur la base d'inspections, d'analyses et de discussions techniques. Tous les objectifs de protection ont été atteints.

L'exploitation habituelle des installations nucléaires suisses a également rempli en 2019 les exigences de la sécurité et de la sûreté nucléaires. La protection de la population et de l'environnement a été garantie à tout moment. Nous avons vérifié la sécurité de l'exploitation des installations avec un total de 490 inspections, annoncées ou non.

Au cours de l'année sous revue, 30 événements devant être obligatoirement notifiés se sont produits dans les centrales nucléaires, contre 33 l'année précédente. À une exception près, nous avons classé tous ces événements INES 0 sur l'Echelle internationale des événements nucléaires de l'AIEA (ce qui signifie «aucune importance du point de vue de la sécurité»). L'utilisation de convertisseurs de mesure de pression à la centrale nucléaire de Gösgen n'ayant pas été testés pour leur aptitude à des conditions de défaillance a conduit à un classement INES 1. L'IFSN analyse tous les événements, évalue les mesures prises par l'installation en question pour remédier aux causes de l'évènement et pour les prévenir et, le cas échéant, formule d'autres exigences résultant de l'enquête sur l'évènement.

Nous avons été particulièrement occupés lors de l'année sous revue par les falsifications de protocoles d'inspection à la centrale nucléaire de Leibstadt, respectivement par les questions que cela soulève dans le domaine «être humain et organisation». L'IFSN a suivi de près les mesures d'assurance qualité prises depuis lors par la centrale nucléaire

de Leibstadt et l'examen approfondi de sa culture de sécurité. L'IFSN a également déposé une plainte pénale contre l'employé.

L'IFSN assume également la responsabilité globale de l'évaluation de la sécurité au niveau technique des domaines et des sites d'implantation géologiques. Les trois domaines définis Jura-est, Zurich nord-est et le Nord des Lägern seront approfondies par la Nagra dans la troisième phase du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes». En 2019, la Nagra a soumis ses propositions pour l'implantation des infrastructures de surface. Des propres projets de recherche sur les dépôts en couches géologiques profondes sont pour nous centraux pour être capables d'évaluer la sécurité de la solution de gestion des déchets radioactifs prévue. Ils sont principalement basés sur des expériences menées au laboratoire de Mont Terri et sur des expertises menées avec la participation d'experts externes. Nous nous engageons également dans des projets de recherche internationaux afin d'être à jour par rapport à l'état le plus actuel de la science et de la technique. En outre, la directive relative au stockage en couches géologiques profondes a été complètement révisée au cours de l'année sous revue. Dans la nouvelle édition, nous avons intégré les plus nouvelles recommandations internationales dans les prescriptions valables pour la Suisse.

Nous travaillons sans arrêt aux principes de base de notre surveillance. Dans ce cadre, nous avons mis à jour notre réglementation sur les exigences de conception des centrales nucléaires et sur la protection d'urgence, et nous avons mis en consultation publique la directive sur les examens récurrents de conteneurs et de conduites classées au niveau technique.

Je remercie les collaboratrices et les collaborateurs pour avoir mis leurs compétences au service de l'autorité de surveillance, ainsi que pour y avoir mis du leur, avec un engagement important et beaucoup de dévouement, en faveur du renforcement de la sécurité et de sûreté nucléaire en Suisse.

Dr Hans Wanner  
Directeur  
Juin 2020

# Foreword

The year 2019 was marked by the first decommissioning of a commercial nuclear power plant, a historic event for Switzerland. The Mühleberg Nuclear Power Plant was the first commercial nuclear power plant in the country to be shut down permanently on 20 December 2019. ENSI has created a new technical section to coordinate the internal and external supervisory work for the decommissioning project and has drawn up a new supervisory concept. The operator's preparatory works for technical post operation as well as for the dismantling and decommissioning phase 1 were safely implemented. We could convince ourselves of this by means of inspections, analyses and technical meetings. All protection objectives were complied with.

The normal operation of Swiss nuclear installations also met the requirements for nuclear safety and security during 2019. Protection of the public and the environment was ensured at all times. We checked the safety of plant operation with a total of 490 preannounced and unannounced inspections.

During the reporting year, 30 reportable events occurred in nuclear power plants, compared with 33 in the previous year. With one exception, we rated all events at level 0 on the International Nuclear and Radiological Event Scale (INES) (i. e. event without safety significance). The use of pressure transducers that had not been tested for suitability under accident conditions at the Gösgen Nuclear Power Plant was rated at level 1. ENSI analyses all events, evaluates the actions taken by the respective plant for rectification of the causes and for prevention of recurrence and, if necessary, issues further requirements based on investigation of the event.

During the reporting year, we took action after the falsification of test reports at the Leibstadt Nuclear Power Plant, or the associated questions from the area of «people and organisation». The quality assurance measures implemented by the Leibstadt Nuclear Power Plant since then and the in-depth review of the safety culture were closely monitored by ENSI. In addition, ENSI filed a criminal complaint against the employee concerned.

ENSI also bears overall responsibility for the safety assessment of geological site areas and the geological sites themselves. The three defined areas Jura East, Zurich North East and North of Lägern will be further investigated by Nagra in the third phase of the Sectoral Plan for Deep Geological Repositories. In 2019, Nagra submitted its proposals for the positioning of the surface infrastructure. Own deep repository research projects are essential to us in order to be able to assess the safety of the planned disposal solution for radioactive waste. The experiments in the Mount Terri Rock Laboratory and expert reports compiled with the help of external experts are particularly noteworthy. To remain up-to-date with the latest developments in science and technology, we also participate in international research projects. In addition, the guideline on deep repositories was fundamentally revised during the reporting year. The published draft of the new version incorporates the latest international recommendations in the regulations that apply in Switzerland.

We are constantly working on the principles of our regulatory activities. In this context, we have updated our body of rules and regulations on design requirements for nuclear power plants and on emergency protection, and we published the guideline on the periodic testing of safety-classified vessels and pipes for public hearing.

I would like to thank the employees for placing their expertise at the service of the supervisory authority and for their continued commitment and dedication to strengthening nuclear safety and security in Switzerland.

Dr Hans Wanner  
Director General  
June 2020



# 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 Etablierung des technischen Nachbetriebs sowie die Vorbereitungsarbeiten auf die Stilllegung des Kernkraftwerks Mühleberg, die Zwischenlager bei den Kraftwerken, das Zentrale Zwischenlager der Zwiilag in Würenlingen sowie die Kernanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI), der Universität Basel und der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Mit Inspektionen, Aufsichtsgesprächen, Prüfungen, 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](http://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](http://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, 3 und 4 des vorliegenden Aufsichtsberichts über das Betriebsgeschehen, die Anlagentechnik, den Strahlenschutz und die Betriebsführung der Kernkraftwerke Beznau 1 und 2, Gösgen und Leibstadt. Im Kapitel 2 beschreibt das ENSI das Betriebsgeschehen, die Ausserbetriebnahme sowie die Vorarbeiten für die Stilllegung des Kernkraftwerks Mühleberg. Zu jedem 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 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 Betreiber die bewilligten Betriebsbedingungen eingehalten haben. Die Betreiber 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 2019 zu 30 meldepflichtigen Vorkommnissen: 2 Vorkommnisse betrafen den Block 1, 5 Vorkommnisse den Block 2 und 2 Vorkommnisse beide Blöcke des KKW Beznau. 2 Vorkommnisse betrafen das KKW Mühleberg, 8 das KKW Gösgen und 11 das KKW Leibstadt. Nicht auf ihre Eignung bei Störfallbedingungen geprüfte Druckmessumformer im KKW Gösgen führten zu einer INES-1-Bewertung auf der internationalen Ereignisskala der IAEA. Die übrigen Vorkommnisse wurden als INES 0 eingestuft.

Das ENSI bewertet die Sicherheit eines jeden Kernkraftwerks 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 ZwiLag in Würenlingen umfasst mehrere Zwischenlagergebäude, die Konditionierungsanlage und die Plasma-Anlage (Verbrennungs- und Schmelzanlage). Ende 2019 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 2019 wurde eine Kampagne zur Verbrennung und Einschmelzung von radioaktiven Abfällen durchgeführt. Bei der ZwiLag verzeichnete das ENSI im Berichtsjahr ein meldepflichtiges Vorkommnis. Das ENSI kommt zum Schluss, dass die ZwiLag 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 2019 drei meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Zwei Vorkommnisse betrafen den Forschungsreaktor der EPFL. Der Forschungsreaktor der Universität Basel ist ausser Betrieb. 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 natürlichen jährlichen Strahlenexposition.

## Transporte radioaktiver Stoffe

Alle Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den Kernanlagen der Schweiz verliefen im Jahr 2019 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 le fonctionnement des centrales nucléaires Beznau 1 et 2, Gösgen et Leibstadt, l'établissement du fonctionnement technique post-exploitation ainsi que les travaux préparatoires pour la désaffectation de la centrale nucléaire de Mühleberg, les dépôts intermédiaires situés dans les centrales, le dépôt de stockage intermédiaire Zwiilag de Würenlingen, ainsi que les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (PSI), de l'Université de Bâle et de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Les inspections, les entretiens de surveillance, les contrôles, 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 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 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 lesquels elle éva-

lue 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 de l'IFSN, [www.ensi.ch](http://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 web [www.ifs.ch](http://www.ifs.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 web.

## Contenu du présent rapport

L'IFSN rend compte dans les chapitres 1, 3 et 4 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 2, l'IFSN décrit le déroulement de l'exploitation, la mise hors service, ainsi que les travaux préparatoires pour la désaffectation de la centrale nucléaire de Mühleberg. L'IFSN procède à une évaluation de la sécurité sur l'année sous revue pour chacune des centrales nucléaires 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 ser-

vice 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 exploitants ont respecté les conditions d'exploitation soumises à autorisation. Les exploitants ont observé leurs devoirs légaux de notification à l'égard de l'autorité de surveillance. L'état au niveau de la sécurité technique des centrales nucléaires en exploitation lors de l'année sous revue était bon ou suffisant selon l'installation. En 2019, les centrales nucléaires ont connu 30 évènements soumis à obligation de notification. Deux évènements ont concerné la tranche 1, cinq évènements la tranche 2, et deux évènements la tranche 1 et 2, de la centrale nucléaire de Beznau. Deux évènements ont concerné la centrale nucléaire de Mühleberg, huit la centrale de Gösgen et onze la centrale de Leibstadt. Des convertisseurs de mesure de pression n'ayant pas fait l'objet d'essais pour déterminer leur aptitude à des conditions de défaillance ont conduit à la centrale nucléaire de Gösgen à une évaluation INES 1 sur l'échelle internationale de l'IAEA. Tous les autres évènements ont été classés INES 0.

L'IFSN évalue la sécurité de chaque centrale nucléaire dans le cadre d'une évaluation systématique de la sécurité. Ce faisant, elle ne prend pas seulement en compte les évènements qui doivent être obligatoirement notifiés, mais aussi d'autres informations, notamment celles découlant du résultat des inspections.

## Dépôt de stockage intermédiaire Zwilag à Würenlingen

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

ment et l'installation plasma (station d'incinération et de fusion). Fin 2019, 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 2019, 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 un évènement soumis au devoir de notification. L'IFSN en conclut que le Zwilag a respecté en 2019 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 évènements soumis à une obligation de notification ont été recensés dans les installations nucléaires du PSI en 2019. Deux évènements ont concerné le réacteur de recherche de l'EPFL. Le réacteur de recherche de l'Université de Bâle est hors service. 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 aux radiations.

## **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 2019. 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 establishment of the technical post operation and preparatory work for 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, analyses and the reporting of the operators of individual facilities, ENSI obtains the required overview of nuclear safety in these overviewed 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](http://www.ensi.ch), under the heading Documents/Guidelines.

## Reporting

ENSI reports periodically on its supervisory 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](http://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, 3 and 4 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 2, ENSI describes the operational experience, the decommissioning and the preparatory work for the decommissioning of the Mühleberg nuclear power plant. ENSI performs a separate safety evaluation for each nuclear power plant 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 2019, there were 30 reportable events at the nuclear power plants: Beznau 1 had two events, Beznau 2 had five events and two events affected both units. Mühleberg NPP was affected by two events, Gösgen NPP by eight and Leibstadt NPP by eleven. The use of pressure transducers that had not been tested for suitability under accident conditions at the Gösgen 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 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 2019, 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 2019. ENSI recorded one reportable event 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 2019. Two events occurred at the EPFL research reactor. The research reactor at the University of Basel is decommissioned. 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 plant 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 natural radiation.

## **Transport of radioactive materials**

All transport of radioactive substances to and from Swiss nuclear installations took place without any incidents or accidents during 2019. 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 was concerned with 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

Im Block 1 des Kernkraftwerks Beznau (KKB) kam es neben dem Revisionsstillstand zu einem Unterbruch des Leistungsbetriebs infolge einer Reaktorschnellabschaltung nach einer Netzstörung am 6. August 2019. Der Block 2 befand sich abgesehen vom Revisionsstillstand im Leistungsbetrieb. 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 gut 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 Betriebsvorga-

ben als hoch, hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut 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 zugeteilt.

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

Zwei Vorkommnisse betrafen beide Blöcke. Sie wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet.

Der Revisionsstillstand im Block 1 dauerte 37 Tage, derjenige im Block 2 umfasste 41 Tage.

Im Berichtsjahr sind in beiden Blöcken keine Brennelementschäden aufgetreten.

Das ENSI führte im Rahmen seiner Aufsicht 136 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 Edeldgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die dadurch verursachten zusätzlichen Strahlendosen für die Bevölkerung waren verglichen mit der natürlichen Strahlenexposition unbedeutend.

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

Drei Schichtchefs bestanden ihre Zulassungsprüfung. Vier Reaktoroperatoren absolvierten im Rahmen ihrer Ausbildung zum Techniker HF, Fachrichtung Grossanlagenbetrieb die Prüfung im Bereich der kerntechnischen Grundlagen erfolgreich.

## 1.2 Betriebsgeschehen

Der Block 1 erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 89,4 % und eine Zeitverfügbarkeit von 89,6 %. Die unproduktiven Anteile im

Block 1 waren primär auf den Revisionsstillstand zurückzuführen. Zusätzlich führten die hohe Aarewassertemperatur im Sommer sowie eine Reaktorschnellabschaltung nach einer Störung im externen 220-kV-Netz zu nennenswerten Produktionsausfällen.

Der Block 2 erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 88,5 % und eine Zeitverfügbarkeit von 88,9 %. Die unproduktiven Anteile im Block 2 waren hauptsächlich auf den Revisionsstillstand zurückzuführen. Weiter 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 163,7 GWh.

Zur Durchführung von Funktionsprüfungen und Anforderung des Lastverteilers erfolgten in beiden Blöcken kurzzeitige Leistungsreduktionen. Am 4. Juli 2019 verschärfte das Bundesamt für Energie (BFE) mit einer Zwischenverfügung die Bedingungen für das Einleiten von Kühlwasser in die Aare. In der Folge musste das KKB die Leistung beider Blöcke im Juli 2019 mehrfach bis zu 50 % reduzieren.

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

■ Am 11. April 2019 wiesen Borsäureablagerungen auf eine Leckage an einer isolierten Borsäureleitung hin. Aufgrund des geringen Ausmasses und des konstanten Niveaus im

Maschinenhalle.  
Foto: KKB



Borsäuretank beschloss das KKB den Befund während der nächsten Revisionsabstellung genauer zu untersuchen, vorausgesetzt die Situation würde sich nicht verschlechtern. Bei abgestellter Anlage zeigte sich am 12. Mai 2019 an der von der Isolation befreiten Leitung eine rissbedingte Tropfleckage. Nach Ersatz des betroffenen Leistungsabschnitts bestätigten die zerstörungsfreien Prüfungen den einwandfreien Zustand der neuen Schweissnähte. Eine Druckprobe zeigte, dass die Leitung dicht war. In Wasser gelöste Borsäure wird im KKB zur Kontrolle der Reaktivität sowohl im Normalbetrieb als auch bei Störfällen verwendet. Das Isotop Bor-10 wirkt dabei als Neutronenabsorber. Bei der betroffenen Leitung handelt es sich um eine Umwälzleitung im Borierpfad des Chemie- und Volumenregelsystems. Mit der regelmässigen Umwälzung werden eine homogene Borsäurekonzentration im Borsäuretank gewährleistet und das Auskristallisieren von Borsäure verhindert. Die Borsäureeinspeisung wäre im Anforderungsfall durch die Tropfleckage zu keinem Zeitpunkt beeinträchtigt gewesen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage an einer Borsäureumwälzleitung der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 3 und 4 sowie für das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

- Zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken stehen zwei Umwälzpumpen zur Verfügung, von denen normalerweise eine in Betrieb und die andere in Betriebsbereitschaft ist. Bei einer periodischen Umschaltung kam es am 18. Juni 2019 zu einem Startversagen der einzuschaltenden Pumpe. Ursache war ein mechanischer Defekt in einem Schalter. Nach dem Ersatz der betroffenen Komponente konnte die Pumpe erfolgreich in Betrieb genommen werden. Die zweite Umwälzpumpe war permanent in Betrieb und stellte die Wärmeabfuhr sicher. Bei einem Ausfall der zweiten Pumpe wäre die Wärmeabfuhr durch die alternative Brennelementlagerkühlung sichergestellt gewesen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das Startversagen der Umwälzpumpe der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und

2 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

Im Block 2 kam es zu fünf meldepflichtigen Vorkommnissen, die das ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zuordnete.

- Die Technische Spezifikation verlangt die periodische Prüfung der Betriebsbereitschaft der Notstromdiesel des KKB. Am 12. Mai 2019 zeigte sich, dass die Frist für die monatliche Prüfung eines Notstromdiesels um einen Tag überschritten war. Die umgehend nachgeholte Prüfung bestätigte die Betriebsbereitschaft. Grund für die Verspätung war ein Fehler bei der elektronischen Terminplanung, begünstigt durch eine bei der letzten Anpassung der Software nicht optimal gestaltete Benutzeroberfläche. Eine Überprüfung zeigte, dass es sich um einen Einzelfall handelte. Nach Anpassung der Benutzeroberfläche besteht die Möglichkeit einer vergleichbaren fehlerhaften Eingabe nicht mehr. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Überschreitung des Prüfintervals 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 Abfuhr der Abwärme verschiedener Komponenten der Sekundäranlage erfolgt über das sekundäre Zwischenkühlsystem, das die Wärme anschliessend an das sekundäre Nebenkühlwassersystem abgibt. Das sekundäre Zwischenkühlsystem ist ein geschlossener Kreislauf. Es verfügt über zwei Zwischenkühlpumpen, von denen normalerweise eine in Betrieb und die andere in Betriebsbereitschaft ist. Aufgrund eines Planungsfehlers wurde am 13. August 2019, zu Beginn der Revisionsabstellung, eine Zwischenkühlpumpe für Instandhaltungsarbeiten freigeschaltet, bevor der Reaktor entladen war. Damit war die von der Technischen Spezifikation geforderte Betriebsbereitschaft beider Pumpen nicht gegeben. Die Betriebsbereitschaft der betroffenen Pumpe wurde nach Erkennen des Fehlers innerhalb der massgeblichen Frist der Technischen Spezifikation wieder erstellt. Die andere Pumpe war permanent in Betrieb. Bei einem Ausfall der zweiten Pumpe wäre die Wärmeabfuhr durch Brunnen-, Trink- oder Feuerlöschwasser möglich gewesen. Die geplanten Instandhaltungsarbeiten an der betroffenen Zwischenkühlpumpe erfolgten bei

entladene Reaktor zu einem späteren Zeitpunkt, in Übereinstimmung mit der Technischen Spezifikation. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die fehlende Betriebsbereitschaft einer sekundären Zwischenkühlpumpe der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1, 2 und 3 sowie für die Schutzziele «Kühlung der Brennelemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Nach der Jahresrevision fanden am 23. September 2019 planmässige Prüfungen der Erregung der Generatoren statt. Dabei stellte ein Mitarbeiter einer Fremdfirma an der Erregungseinrichtung einer Turbogruppe irrtümlich einen zu tiefen Begrenzungswert des Erregerstroms ein. Diese Fehlmanipulation löste einen sofortigen Eingriff der Begrenzungsfunktion aus und führte zu einer Reduktion des Erregerstroms. Die Anlage reagierte auslegungsgemäss mit der Trennung des Generators vom Netz, einem Lastabwurf der Turbine und einer entsprechenden Verminderung der Reaktorleistung. Damit wurde die Abweichung vom Normalbetrieb auf der Sicherheitsebene 2 beherrscht. Die geringe Erfahrung des Mitarbeiters begünstigte den Fehler. Das KKB prüft, ob der betroffene Test auch ausserhalb des Vollastbetriebs durchgeführt werden könnte oder ob die Vorgaben für die Durchführung bei Vollast präzisiert werden müssen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die falsche Einstellung des Grenzwertes der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.
- Bei einer periodischen Prüfung der Positionsanzeigen der Steuerstäbe am 24. September 2019 sollte eine Gruppe von Steuerstäben leicht eingefahren werden. Dabei fuhr einer der ausgewählten Steuerstäbe nicht wie vorgesehen ein. Die Stromüberwachung einer für das schrittweise Verfahren des betroffenen Steuerstabs benötigten Magnetspulen zeigte eine Störung an. Nach Austausch des Einschubs für die Stromversorgung der Hubspule verlief die Prüfung der Positionsanzeige erfolgreich. Das Fahren der Steuerstäbe erfolgt im KKB in Schritten von 0,95 cm. Die Schrittzahl, ausgehend vom

eingefahrenen Zustand, dient der Angabe der Stabpositionen. Da die Fehlfunktion vom 24. September 2019 beim betroffenen Steuerstab zu einer Abweichung der Schrittzahl vom Soll geführt hatte, sollte er am 26. September 2019 um einen Schritt eingefahren werden. Dabei trat erneut eine Störung analog zum 24. September 2019 auf. Nach Rücksprache mit dem Hersteller tauschte das KKB drei weitere elektrische Baugruppen im Bereich der Hubspule des betroffenen Steuerstabs aus. Die anschließende Prüfung des Stabfahrens verlief normal. Das KKB sandte die insgesamt vier ausgebauten Baugruppen für eine vertiefte Ursachenabklärung an den Hersteller. Das Vorkommnis betraf nur das schrittweise Verfahren eines Steuerstabs. Im Fall einer Reaktorschnellabschaltung wäre das Einfallen aller Stäbe jederzeit gewährleistet gewesen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das temporär nicht mögliche Verfahren eines Steuerstabs der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie für das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

- Zur Überwachung der Reaktorleistung im Leistungsbetrieb verfügt jeder Block des KKB über vier Messkanäle zur Erfassung des Neutronenflusses. Die Messwerte dienen sowohl der betrieblichen Leistungsregelung als auch der Auslösung einer Reaktorschnellabschaltung im Falle einer zu hohen Reaktorleistung. Während für die Leistungsregelung der Mittelwert der Messwerte massgeblich ist, erfolgt die Reaktorschnellabschaltung, sobald mindestens zwei der vier Messwerte den Grenzwert überschreiten. Der Mittelwert ist dabei irrelevant. Am 2. Dezember 2019 fiel das Hochspannungsnetzteil eines Messkanals im Block 2 und damit der Messkanal als Ganzes aus. Gemäss den Vorgaben der Technischen Spezifikation wurde die Logik des Reaktorschutzes umgehend an den Ausfall angepasst, damit die Reaktorschnellabschaltung bei Überschreitung des Grenzwertes in einem der drei funktionierenden Messkanäle ausgelöst worden wäre. Nach Ersatz des ausgefallenen Netzteils standen alle vier Messkanäle wieder uneingeschränkt zur Verfügung. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Ausfall des Messkanals der Kategorie A (Abweichung) der



Turbinengruppe.  
Foto: KKB

ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1, 2 und 3 sowie für das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

Zwei Vorkommnisse betrafen beide Blöcke. Das ENSI ordnete sie der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zu.

- Am 6. August 2019 löste eine Störung im Unterwerk Beznau, das nicht zum Kernkraftwerk gehört, in beiden Blöcken des KKB eine sofortige Leistungsreduktion aus. Dabei sollte die Leistung je einer aus Turbine und Generator bestehenden Turbogruppe vermindert werden. Nach der Leistungsreduktion sollten diese Turbogruppen vom externen Netz getrennt sein und nur noch Verbraucher des betroffenen Blocks versorgen. Eine derartige Leistungsreduktion wird als Lastabwurf auf Eigenbedarf bezeichnet. Die zweite Turbogruppe sollte in beiden Blöcken unverändert mit Vollast betrieben werden. Im Block 2 verlief die Leistungsreduktion normal. Die thermische Reaktorleistung verminderte sich entsprechend der elektrischen Leistung auf zirka 52 %. Im Block 1 verlief die Leistungsreduktion nicht normal, was auslegungsgemäss eine automatische Turbinenabschaltung auslöste. Mit der Drehzahl der Turbine nahm auch die Frequenz einer 6-kV-Schiene ab, wodurch die Drehzahl und damit die Förderleistung der von dieser Schiene versorgten Reaktorhauptpumpe abnahmen. Beim Unterschreiten des Grenzwertes für den Kühlmitteldurchfluss im

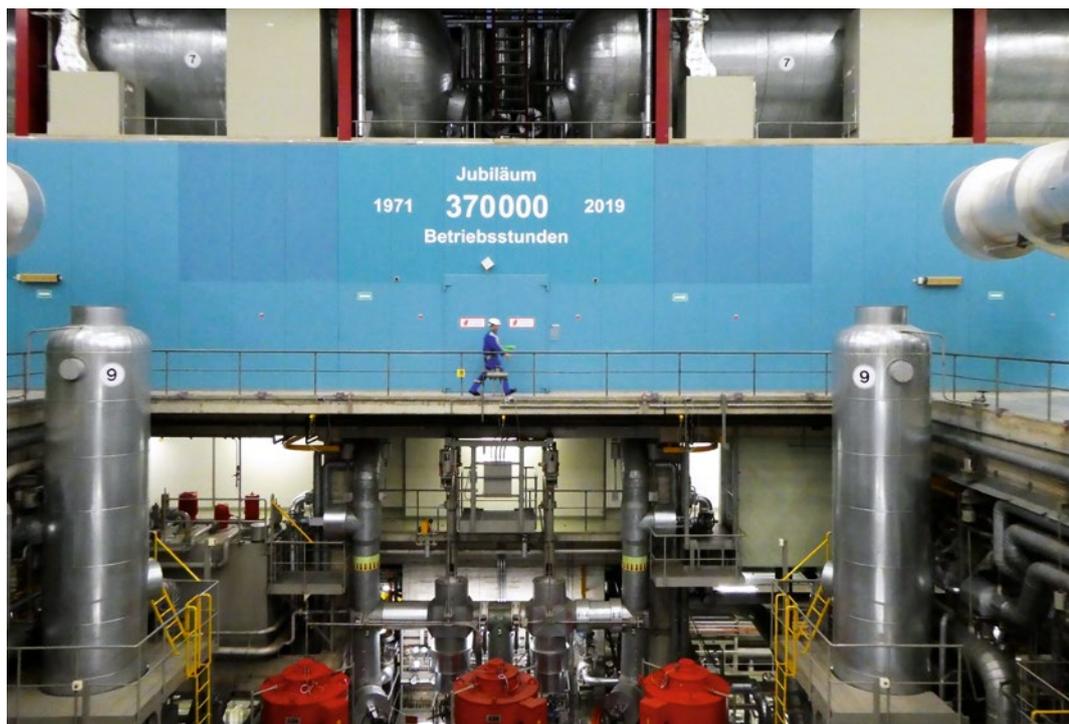
Primärkreislauf löste der Reaktorschutz auslegungsgemäss eine Reaktorschnellabschaltung aus, die normal verlief. Die Ursache für das Fehlverhalten bei der Leistungsreduktion im Block 1 lag im Bereich des Zwischenüberhitzers. In diesem wird der aus der Hochdruckturbine austretende Dampf aufgeheizt, bevor er in die beiden Niederdruckturbinen eintritt. Zusammen mit dem Wasserabscheider reduziert er den Gehalt an Wassertropfen im mit hoher Geschwindigkeit durch die Niederdruckturbinen strömenden Dampf und vermindert so die Erosion der Turbinenschaufeln durch Tropfenschlag. Der Zwischenüberhitzer hat keine Bedeutung für die nukleare Sicherheit und wird nicht zur Störfallbeherrschung benötigt. Bei einer Leistungsreduktion als Folge einer Netztrennung vermindert sich das zum Antrieb des Generators durch die Turbine benötigte Drehmoment instantan und die Drehzahl der Turbogruppe ist nicht mehr durch das Netz vorgegeben. Um eine unzulässige Erhöhung der Drehzahl zu verhindern, muss der durch die Turbine strömende Dampfstrom unverzüglich reduziert werden. Ein Teil der Reduktion erfolgt durch die Abfangklappen, die das Ausströmen des Dampfes aus dem Zwischenüberhitzer in die Niederdruckturbinen drosseln. Die korrekte Funktion wird über eine Druckmessung nach den Klappen überwacht. Am 6. August 2019 entsprach der Verlauf des Druckmesswerts im Block 1 nicht dem Sollverlauf, worauf auslegungsgemäss eine Turbinenabschaltung erfolgte. Nach erfolgter Stö-

rungsbehebung im externen Netz wurde der Leistungsbetrieb wieder aufgenommen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den nicht korrekt abgelaufenen Lastabwurf auf Eigenbedarf im Block 1 der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 2 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente». Die mit dem Vorkommnis verbundene Risikoerhöhung im Block 1 ordnete das ENSI der Kategorie A (Abweichung) zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.

- Die Tore der Containmentschleusen im KKB verfügen über aufblasbare Profildichtungen. Bei geschlossenem Tor erzeugt das Steuerluftsystem einen Überdruck in der Dichtung, der diese anpresst. Beim Ausfall des Steuerluftsystems stellen Druckflaschen den Überdruck sicher. Die aufblasbaren Dichtungen stellen die Dichtheit des Containments im Normalbetrieb sowie bei Störfällen ohne grösseren Überdruck sicher. Für Störfälle mit erheblichem Überdruck im Containment sind die Tore mit speziell auf diesen Fall ausgelegten Dichtungen ausgerüstet, die von den aufgetretenen Mängeln nicht betroffen waren. Am 12. Dezember 2019 trat an einer Dichtung der Hauptschleuse im Block 1 eine Steuerluftleckage auf. Das Steuerluftsystem konnte den Luftverlust kompensieren,

womit die Funktion der Dichtung gewährleistet blieb. Das KKB ersetzte die defekte Dichtung umgehend. Die ausgetretene Steuerluft gelangte über den Schleusenraum in den Ringraum zwischen Stahldruckschale und Reaktorgebäude, von wo sie durch die Lüftungsanlage abgeführt wurde. Der Unterdruck im Ringraum und auch im Containment erfüllte jederzeit die Anforderungen der Technischen Spezifikation. Nachdem im Jahr 2015 alle Schleusendichtungen in beiden Blöcken durch solche aus alterungsbeständigerem Material ersetzt worden waren, kam es 2018 zu drei Steuerluftleckagen. Trotz Modifikationen an den Dichtungen traten 2019 weitere Leckagen auf. Das KKB ersetzte alle betroffenen Dichtungen. Die nach dem 12. Dezember 2019 in Zusammenarbeit mit dem Hersteller eingeleiteten Abklärungen zeigten, dass die Ursache der Leckagen im Herstellungsprozess der Dichtungen lag. Damit war die Meldepflicht gemäss der Richtlinie ENSI-B03 gegeben. Die Leckagen als solche erfüllten kein Meldekriterium. Bei der Herstellung erfolgt zweimal eine Vulkanisation zwecks Vernetzung von Makromolekülen, um so die gewünschten Materialeigenschaften zu erzielen. Die erste Vulkanisation findet bei der Produktion der sogenannten Meterware statt, aus der die Dichtungen hergestellt werden. Die zweite Vulkanisation erfolgt zur Verbindung von Materiallagen bei der Fertigung der Dichtungen. Im vorliegenden Fall führte die erste Vulkanisation zu einem so hohen Vernetzungsgrad, dass die

Maschinenhaus.  
Foto: KKB



zusätzlich mögliche Vernetzung während der zweiten Vulkanisation nicht mehr ausreichte, um die Materiallagen genügend miteinander zu verbinden. Dies führte an den dadurch entstandenen Schwachstellen zum Versagen der Dichtungen. Das KKB plant, nach der Behebung der Unzulänglichkeiten im Herstellungsprozess die Profildichtungen der Tore der Hauptschleusen beider Blöcke in den Revisionsstillständen 2020 zu ersetzen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die herstellungsbedingte Dichtungsleckage der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die dritte Barriere sowie für das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe».

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 3. Mai bis 9. Juni 2019 für den Revisionsstillstand abgestellt. Während des Stillstands fanden neben dem Brennelementwechsel verschiedene Prüfungen und Wartungsarbeiten statt.

Alle Durchführungen im Boden des Reaktordruckbehälters wurden einer qualifizierten Wirbelstrom- und Ultraschallprüfung unterzogen. Dabei wurden die Befunde der letzten Prüfung aus dem Jahr 2010 bestätigt. Es zeigte sich in keinem Fall ein Wachstum einer registrierpflichtigen Anzeige.

Nachdem sich im Jahr 2015 eine Auffälligkeit an der Plattierung des Reaktordruckbehälters, die als Korrosionsschutz dient, gezeigt hatte, erfolgte im Berichtsjahr eine qualifizierte Ultraschallprüfung des betroffenen Bereichs. Es ergaben sich weder registrier- noch bewertungspflichtige Anzeigen. Die visuelle Prüfung zeigte keine Veränderung gegenüber 2015.

Die qualifizierten Wirbelstrom- und Ultraschallprüfungen der Stützeinschweissnähte, die die Hauptkühlmittelleitungen mit dem Reaktordruckbehälter verbinden, ergaben keine registrier- oder bewertungspflichtigen Anzeigen. Eine zusätzliche Prüfung ausserhalb des qualifizierten Bereichs mit der bei der letzten Prüfung 2004 verwendeten

Prüftechnik zeigte keine Veränderung der damaligen Anzeigen.

Die erstmalige mechanisierte und qualifizierte Ultraschallprüfung einer Schweissnaht am Druckhalter ergab vier zulässige, aber registrierpflichtige Anzeigen.

Die programmgemäss durchgeführten Prüfungen elektrischer Komponenten ergaben keine Befunde. Der Revisionsstillstand im Block 2 dauerte vom 10. August bis zum 20. September 2019. Neben dem Brennelementwechsel erfolgten verschiedene Prüfungen und Wartungsarbeiten.

Die qualifizierte Wirbelstromprüfung der Führungsrohre für die Detektoren der Neutronenflussmessung im Reaktorkern zeigte keine wesentlichen Veränderungen gegenüber 2015.

Die qualifizierte Wirbelstromprüfung der Gewindebolzen zur Befestigung des Deckels auf dem Reaktordruckbehälter ergab zwei neue bewertungspflichtige Anzeigen. Ursache sind mechanische Beschädigungen der Gewinde, die aber im zulässigen Rahmen liegen. Zwei Anzeigen aus früheren Prüfungen wurden bestätigt.

Die qualifizierten Ultraschallprüfungen an Rund- und Anschlussschweissnähten der Hauptkühlmittelleitungen ergaben keine Befunde.

Die mit einem neu qualifizierten Verfahren durchgeführten mechanisierten Ultraschallprüfungen an Schweissnähten der Dampferzeuger bestätigten im Wesentlichen die Befunde der Prüfungen aus dem Jahr 2010. Das verbesserte Verfahren zeigte jedoch, dass eine damals festgestellte Anzeige deutlich weniger tief ist, als 2010 konservativerweise angenommen worden war. Die konservative Annahme erfolgte, da das seinerzeit verwendete Verfahren nicht zur Tiefenbestimmung qualifiziert war.

Der Motor einer Speisewasserpumpe und ein Leistungsschalter der Generatorerregung wurden aufgrund festgestellter Mängel ausgetauscht.

Die ausgehend von Befunden in einem ausländischen Kernkraftwerk in beiden Blöcken durchgeführten Prüfungen von Sicherheitseinspeiseleitungen ins obere Plenum des Reaktordruckgefässes ergaben keine registrier- oder bewertungspflichtigen Befunde.

In beiden Blöcken erfolgte ein Austausch der Zellen in je zwei 110-V- und 24-V-Batterien der Gleichstromversorgung.

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:

- Das KKB installierte im Block 1 die batteriegestützte, unterbrechungsfreie Stromversorgung der Pumpen des primären Nebenkühlwassersystems und nahm sie erfolgreich in Betrieb. Im Block 2 hatte die Inbetriebnahme bereits 2018 stattgefunden.
- Im Block 1 wurde die Erdbebenfestigkeit der innerhalb des Containments liegenden Teile des primären Nebenkühlwassersystems verbessert. Neue Halterungen und Kompensatoren zum Ausgleich von Relativbewegungen schützen im Anforderungsfall die Rohrleitungen vor Beschädigungen.
- Im Block 2 erfolgte ein Ersatz der Stossbremsen der Dampferzeuger durch auf höhere Kräfte ausgelegte Stossbremsen.
- Je zwei neue passive autokatalytische Rekombinatoren dienen in beiden Blöcken der Verhinderung der Knallgasbildung im Containment bei Störfällen mit Wasserstofffreisetzung. Die laufende katalytische Rekombination von Wasserstoff und Sauerstoff begrenzt den Anstieg der Wasserstoffkonzentration in der Gebäudeatmosphäre.

### 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 2019 im Block 1 wurden 20 abgebrannte Brennelemente des Typs FOCUS durch baugleiche frische Brennelemente ersetzt. Diese enthalten als Brennstoff wiederaufgearbeitetes Uran (WAU). Der Reaktorkern des Blocks 1 enthält im 45. Betriebszyklus 121 WAU-Brennelemente des Typs FOCUS.

Während des Revisionsstillstands 2019 im Block 2 wurden 20 abgebrannte Brennelemente der Typen FOCUS (16) und AGORA 4H (4) durch frische Brennelemente ersetzt. Davon sind acht FOCUS-Brennelemente und zwölf AGORA-4H-Brennelemente. Der Reaktorkern enthält damit im 46. Betriebszyklus 109 WAU-Brennelemente des Typs FOCUS und zwölf WAU-Brennelemente des Typs

AGORA-4H. Die Vorläufer-Brennelemente des Typs AGORA 4H wurden nach sechs Einsatzzyklen endgültig entladen.

Die Reaktorkerne des KKB 1 und KKB 2 wurden mit freigegebenen und qualitätsgeprüften Brennelementen bestückt. Die neuen, für das KKB 1 und KKB 2 gültigen und vom ENSI freigegebenen Kernbeladungen erfüllten entsprechend der Dokumentation alle Anforderungen.

Im Jahr 2014 wurden in beiden Blöcken jeweils alle 25 Steuerelemente durch neue gleicher Bauart ersetzt. Aufgrund der guten Betriebserfahrung mit Steuerelementen dieser Bauart sowie der permanenten 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 sind die Reaktorkerne des Blocks 1 und des Blocks 2 auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Die Anfahrmessungen beider Blöcke, die das ENSI jeweils vor Ort inspizierte, verliefen plangemäss. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnungen überein. Die maximal zulässigen Toleranzen wurden eingehalten.

## 1.4 Strahlenschutz

Im Berichtsjahr wurde in beiden Blöcken des KKB zusammen eine Kollektivdosis von 559 Pers.-mSv verzeichnet. Die höchste im KKB registrierte Individualdosis betrug 7,0mSv und lag somit deutlich unterhalb des für beruflich strahlenexponierte Personen geltenden Dosisgrenzwerts von 20 mSv pro Jahr. Es wurden weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen festgestellt.

Das KKB stellte den Block 1 am 3. Mai bis 10. Juni 2019 für die Revision ab. Die in diesem Zeitraum mit elektronischen Dosimetern ermittelte Kollektivdosis unterschritt mit 205 Pers.-mSv die geplante Dosis von 286 Pers.-mSv. Ursache für die Abweichung war, dass die Ortsdosisleistung im Block 1 während des dreijährigen Stillstands ab 2015 durch den Co-60-Zerfall abgenommen hatte. Die Reduktion der Ortsdosisleistung konnte bei der Planung der Jobdosen nicht berücksichtigt werden, da die aktuellen Werte zum Zeitpunkt der Planung nicht bekannt waren.



Simulator.  
Foto: KKB

Das ENSI inspizierte am 15. Mai 2019 während der Revisionsabstellung im KKB 1 die Einhaltung von Anforderungen des Strahlenschutzes. Dabei zeigte sich eine falsch gerichtete Druckstaffelung im Bereich des Brennelementlagers. Die Luftströmung führte bei geöffneter Schleusentüre vom Brennelementlager ins Treppenhaus. Aufgrund einer Forderung des ENSI ergriff das KKB technische und administrative Massnahmen, um wieder einen regelkonformen Zustand zu gewährleisten. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die von einem Bereich mit höherem Kontaminationsrisiko zu einem mit geringerem Kontaminationsrisiko gerichtete Luftströmung 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 «Einschluss radioaktiver Stoffe». Die Abweichung betraf nur die Druckstaffelung innerhalb der Anlage. Der Unterdruck gegenüber der Umwelt war jederzeit gewährleistet.

Das KKB stellte den Block 2 vom 10. August bis 20. September 2019 für die Revision ab. Das Abfahren verlief ohne Hinweise auf Brennelementschäden. Die mit elektronischen Dosimetern ermittelte Kollektivdosis für den Revisionsstillstand unterschritt mit 267 Pers.-mSv die geplante Dosis von 289 Pers.-mSv geringfügig. Für viele Arbeiten konnte die Planungs-dosis aufgrund der guten radiologi-

schen Bedingungen, beispielsweise der geringen Konzentration von Radionukliden im Beckenwasser und des Ausbleibens von schwer entfernbaren Ablagerungen, unterschritten werden.

Das ENSI überzeugte sich an mehreren Inspektionen davon, dass das KKB einen konsequenten und gesetzeskonformen Strahlenschutz praktizierte. Der Personalbestand im Strahlenschutz war ausreichend.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Abgabelimiten. Dies gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritiumabgaben des KKB betragen rund 20 % 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 Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB unter ungünstigen 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, die an ausgewählten Stellen am Zaun des Kraftwerksareals angebracht sind, liessen keine nennenswerten 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 gemäss 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 2019 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 33 m<sup>3</sup> 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 28 m<sup>3</sup> 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 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 zehn Ge-

binde mit Schlämmen, ein Gebinde mit Filterkerzen und 20 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 Zwiilag. 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 12,4 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 fanden zwei Transfers mit je 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 und einer entsprechenden Auslegung der Anlage hat das Werk die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Das ENSI beobachtete die Notfallorganisation des KKB im Rahmen der Gesamtnotfallübung STYLOS, die im Anschluss an die Sicherheitsverbundübung 2019 stattfand. Das Szenario basierte auf zwei unabhängigen Handlungssträngen: Einerseits musste der Block 2 im Rahmen der Sicherheitsverbundübung wegen einer Störung und der entsprechenden Reparatur abgestellt werden. Eine fiktive Terrororganisation behauptete Urheberin der Störung zu sein. Im Rahmen der anschliessenden Gesamtnotfallübung führten der Verlust des elektrischen Eigenbedarfs und das Versagen aller eingeleiteten Notfallmassnahmen zum Kernschmelzunfall mit entsprechenden radioaktiven Abgaben. Der Not-

fallstab war mit komplexen Fragestellungen und verschiedenartigen Problemen konfrontiert.

Das KKB stufte die Ereignisse korrekt ein und meldete sie dem ENSI zeitgerecht. Das ENSI stellte bei der Ermittlung des Quellterms hinsichtlich der Verwendung von Hilfsmitteln Verbesserungsbedarf fest. Das KKB erkannte dies ebenfalls und leitete entsprechende Verbesserungsmaßnahmen im Prozess ein. Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kam das ENSI zum Schluss, dass die vorgegebenen Ziele für Gesamtnotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreicht wurden. Das KKB verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im November 2019 zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren. Ferner löste das ENSI im November 2019 ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKB aus, der die Verfügbarkeit des Werksnotfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigte.

## 1.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr erhöhte sich der Personalbestand des KKB gegenüber dem Vorjahr leicht auf 456 Personen, welche 449 Vollzeitstellen besetzen (Ende 2018: 449, ohne Lernende). Im Berichtsjahr fand ein Fachgespräch zur Ressourcen- und Führungssituation in der Abteilung «Reaktor und Sicherheit» statt. Hintergrund des Gespräches waren Terminverzögerungen bei der Erarbeitung von Dokumenten für die Periodische Sicherheitsüberprüfung sowie die Personalfuktuation in dieser Abteilung. Der Rekrutierungsprozess zur Wiederbesetzung der offenen Stellen läuft.

Das Managementsystem des KKB besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2015. Es wurde im Jahr 2018 rezertifiziert. Das ENSI führte 2019 eine Inspektion im Bereich des Managementsystems zum Thema Qualitätssicherung bei wiederkehrenden Funktionsprüfungen und zu deren Einbindung in das Betriebsführungssystem durch. Gegenstand waren die Prüfvorschriften, die Qualifizierung des Prüfpersonals, die Prüfaufsicht und Bewertung von Prüfungsergebnissen. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

Drei Schichtchefs legten im Berichtsjahr ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Die Zulassungsprü-

fungen 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. Vier Reaktoroperateure haben im Rahmen ihrer Ausbildung zum Techniker HF, Fachrichtung Grossanlagenbetrieb im Berichtsjahr die dafür erforderlichen kerntechnischen Grundlagen erworben. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI führte eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2018 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2019 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 Elektrotechnik auf die Einhaltung der Vorgaben der 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 2019 weitere umfangreiche Dokumente zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) ein, um den Nachforderungen aus der Grobprüfung des ENSI zu entsprechen. Aufgrund des erheblichen Umfangs dieser Unterlagen betrachtet das ENSI die Nachlieferung formal als Neueinreichung der PSÜ mit Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb zum Zeitpunkt Ende 2019.

## 1.9 Sicherheitsbewertung

### 1.9.1. Block 1

Im Jahr 2019 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	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation
<b>Ziele</b>				
<b>Ebene 1</b>	N	V	A	N
<b>Ebene 2</b>	N	V	A	N
<b>Ebene 3</b>		N	A	A
<b>Ebene 4</b>			A	V
<b>Ebene 5</b>			N	V
<b>Integrität der Brennelemente</b>		N	N	N
<b>Integrität des Primärkreises</b>		N	N	N
<b>Integrität des Containments</b>		N	A	N
<b>ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung</b>		V	A	V

Sicherheitsbewertung 2019 KKB1:  
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge  
Bewertungen bezüglich Transporten zu und von den Kernkraftwerken werden im Text behandelt, aber für die anlagenspezifische Gesamtbewertung nicht berücksichtigt.

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

Sicherheitsbewertung 2019 KKB1: Schutzziel-Perspektive  
Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, aber mit zusätzlicher Darstellung radiologischer Auswirkungen

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen richten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts. Sämtliche der Kategorie A (Abweichung) zugeordneten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 1.2 und 1.4 dargestellt.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

## Auslegungsvorgaben

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

Das ENSI beurteilt die in den Unterkapiteln 1.2 und 1.4 beschriebenen Abweichungen im Bereich von Zustand und Verhalten 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 Blocks 1 des KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut.

## Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Obwohl keine Bewertungen der Kategorien A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des Blocks 1 des KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation infolge der Verzögerungen bei der Erstellung der Dokumente für die Periodische Sicherheitsüberprüfung (siehe Unterkapitel 1.8) als gut und nicht als hoch.

### 1.9.2. Block 2

Im Jahr 2019 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 Sicher-

heitsbewertungsmatrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

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

Sicherheitsbewertung 2019 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	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation
<b>Ziele</b>				
<b>Kontrolle der Reaktivität</b>	N	N	A	N
<b>Kühlung der Brennelemente</b>	N	N	A	V
<b>Einschluss radioaktiver Stoffe</b>	N	N	A	V
<b>Begrenzung der Strahlenexposition</b>	N	V	V	V
<b>schutzzielübergreifende Bedeutung</b>		V	N	A

Sicherheitsbewertung 2019 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. Sämtliche der Kategorie A (Abweichung) zugeordneten Sachverhalte sind im Unterkapitel 1.2 dargestellt.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

### Auslegungsvorgaben

Da die Auslegungsvorgaben des KKB für beide Blöcke weitgehend gleich sind, bewertet das ENSI auch die Sicherheit des Blocks 2 des KKB hinsichtlich 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

Das ENSI beurteilt die im Unterkapitel 1.2 beschriebenen Abweichungen im Bereich von Zustand und Verhalten 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 Blocks 2 des KKB hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut.

### Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

Das ENSI beurteilt die im Unterkapitel 1.2 beschriebenen Abweichungen im Bereich von Zustand und Verhalten 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  
Mühleberg.  
Foto: KKM*

## 2. Kernkraftwerk Mühleberg

### 2.1 Überblick

Im Berichtsjahr befand sich das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) bis zur endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs am 20. Dezember 2019 ohne Unterbruch im Leistungsbetrieb. Das ENSI stellt fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen im Berichtsjahr immer eingehalten wurden.

Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKM im Berichtsjahr 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 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

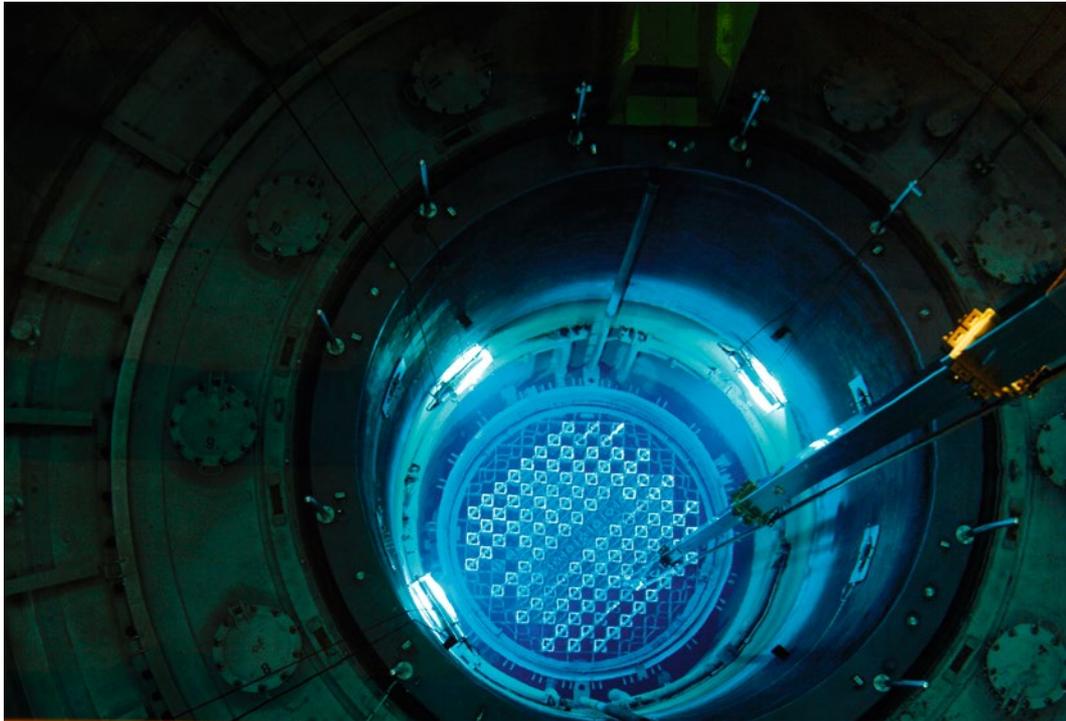
5b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage.

Im Berichtsjahr waren im KKM zwei meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, die das ENSI auf der internationalen Ereignisskala INES beide der Stufe 0 zuordnete.

Das ENSI führte im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit 62 Inspektionen durch. Wo erforderlich verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Die für beruflich strahlenexponierte Personen geltenden Dosisgrenzwerte wurden eingehalten. Die radioaktiven Abgaben lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die Menge radioaktiver Rohabfälle entsprach dem aufgrund der durchgeführten Arbeiten zu erwartenden Umfang.

Die Arbeiten zur Vorbereitung der Stilllegung des KKM sind im Unterkapitel 2.8 beschrieben.



## 2.2 Betriebsgeschehen

Das KKM erreichte im Berichtsjahr bis zur endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs am 20. Dezember 2019 eine Arbeitsausnutzung von 97,0 % und eine Zeitverfügbarkeit von 100,0 %. Auf das ganze Kalenderjahr bezogen beträgt die Arbeitsausnutzung 93,9 % und die Zeitverfügbarkeit 96,8 %. Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Die zeitliche Nichtverfügbarkeit der Anlage im Kalenderjahr war ausschliesslich durch die endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs am 20. Dezember 2019 bedingt. Der Streckbetrieb am Ende des Betriebszyklus führte zu einer zusätzlichen, nennenswerten Verminderung der Arbeitsausnutzung.

Für die Heizung der Wohnsiedlung Steinriesel wurde im Berichtsjahr keine Wärme mehr ausgekoppelt.

Zur Durchführung von Wiederholungsprüfungen, auf Anforderung des Lastverteilers und infolge erhöhter Aarewassertemperatur erfolgten Leistungsabsenkungen. Ab Mitte November befand sich die Anlage plangemäss im Streckbetrieb mit aus physikalischen Gründen abnehmender Leistung.

Abgesehen von kurzen geplanten Unterbrüchen für Instandhaltungsarbeiten und betriebliche Wartungsarbeiten standen alle Sicherheitssysteme uneingeschränkt zur Verfügung.

Im Berichtsjahr waren zwei meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, die das ENSI auf der

internationalen Ereignisskala INES beide der Stufe 0 zuordnete.

■ Im KKM verlangt die Technische Spezifikation einen monatlichen Vergleich zwischen der tatsächlichen und der vorausgerechneten Position der Steuerstäbe. Der Vergleich dient der Überprüfung, ob der Reaktor so betrieben wird, wie in der Auslegung des Betriebszyklus geplant. Am 11. Januar 2019 stellte das KKM fest, dass der am 7. Januar 2019 durchgeführte Vergleich gemäss Technischer Spezifikation bereits am 27. Dezember 2018 fällig gewesen wäre. Die Aufforderung zur Durchführung des Vergleichs erfolgt automatisch durch das Betriebsführungssystem. Im vorliegenden Fall wäre dafür der 24. Dezember 2018 vorgesehen gewesen. Infolge Ferienabwesenheiten blieb die Aufforderung unbeachtet. Eine rückblickende Analyse der Betriebsdaten zeigte, dass die Reaktivitätsdifferenz zwischen berechneter und tatsächlicher Steuerstabkonfiguration die Vorgabe der Technischen Spezifikation jederzeit erfüllte. Damit war insbesondere das Abschalten des Reaktors durch die Steuerstäbe permanent gewährleistet. Zur Verhinderung vergleichbarer Vorkommnisse setzt das KKM neu neben dem Betriebsführungssystem auch den Outlook-Kalender als zweites, paralleles System zur Terminverfolgung bei wiederkehrenden Aufträgen ein. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den verspäteten

Vergleich zwischen der tatsächlichen und der vorausgerechneten Position der Steuerstäbe der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und das Schutzziel «Kontrolle der Reaktivität».

- Der Transport abgebrannter Brennelemente aus dem KKM ins Zwiilag erfolgt in speziellen Transportbehältern. Die Zwiilag lädt die angelieferten Brennelemente in Lagerbehälter um. Am 25. Oktober 2019 zeigte sich beim Umladen bei zwei Brennelementen ein beschädigter Abstandhalter. Beim Beladen eines Transportbehälters am 5. November 2019 zeigte sich im KKM ein vergleichbarer Schaden an einem weiteren Brennelement. Die Beschädigungen waren bei der Handhabung im KKM erfolgt, wobei die genauen Umstände im Nachhinein nicht mehr eruiert werden konnten. In keinem Fall kam es zur Beschädigung von Hüllrohren, womit das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe» jederzeit eingehalten wurde. Zur Vermeidung weiterer Beschädigungen von Abstandhaltern hat das KKM die Vorgaben für die Handhabung abgebrannter Brennelemente verbessert. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die beschädigten Abstandhalter der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 und 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 Anlageänderungen

Die im Berichtsjahr vorgenommenen Änderungen dienten der Vorbereitung der Stilllegung (siehe Unterkapitel 2.8).

### 2.3.2 Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente

Im Dezember 2019 wurde der 46. Betriebszyklus des KKM planmässig abgeschlossen. Die Anlage stellte den Leistungsbetrieb am 20. De-

zember 2019 endgültig ein. Die eingesetzten Brennelemente zeigten ein auslegungsgemässes Betriebsverhalten. Das geht aus der laufenden Überwachung der Kühlmittelaktivität hervor. Da die Betreiberin den letzten Zyklus ohne Befunde abschloss, wurden an den Brennelementen und Steuerstäben keine Inspektionen mehr durchgeführt. Als Vorläufer setzte das KKM weiterhin vier Brennelemente mit Kästen aus dem weiterentwickelten Material NSF ein. Die bisherigen Inspektionen bestätigten das auslegungsgemässe Verhalten der NSF-Kästen. Des Weiteren waren zwei Steuerelemente des Typs Marathon Ultra MD als Vorläufer eingesetzt. Im Berichtszeitraum war der Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernausslegungsberechnungen überein.

## 2.4 Strahlenschutz

Im Berichtsjahr betrug die akkumulierte Kollektivdosis für das KKM 230 Pers.-mSv. Die höchste Individualdosis lag mit 5,9 mSv unter dem für beruflich strahlenexponierte Personen geltenden Dosisgrenzwert von 20 mSv pro Jahr. Im Berichtszeitraum traten weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf. Im Berichtsjahr fand keine Revision statt. Daher entfiel die Strahlenexposition für diese Arbeit.

Im 2018 betrug die mittlere Dosisleistung an den Umwälzschleifen 1,80 mSv pro Stunde, der Höchststand im Jahr 1994 belief sich auf 6,4 mSv pro Stunde. Während des Betriebs bis zum Abschalten des Reaktors am 20. Dezember 2019 ergaben sich keine Anzeichen für Brennelementeschäden. Die Integrität des Brennstoffs und eine möglichst tiefe Dosisleistung an den Umwälzschleifen stellen eine gute radiologische Ausgangsbasis für den Rückbau dar.

Das ENSI überzeugte sich an mehreren Inspektionen davon, dass das KKM einen konsequenten und gesetzeskonformen Strahlenschutz praktizierte. Der Personalbestand im Strahlenschutz war ausreichend.

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



Tritiumabgaben des KKM betragen rund 4 % 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 berechneten Dosen betragen rund 0,004 mSv für Erwachsene, Zehnjährige und Kleinkinder. Sie lagen somit deutlich unter dem quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr gemäss der Richtlinie ENSI-G15. Die Dosisleistungsmesssonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes 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 Kraftwerkareals angebracht sind, zeigten mit einem Höchstwert von 1,3 mSv einen mit dem Vorjahr vergleichbaren Wert. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen am Zaun des Kraftwerkareals 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 Kraftwerkareals von 0,02 mSv pro Woche für Wohn- und

Aufenthaltsräume und von 0,1 mSv pro Woche für andere Bereiche. Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des KKM wird auf den Strahlenschutzbericht 2019 des ENSI verwiesen.

## 2.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKM regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas- und Fortluftreinigung und in Form verbrauchter Brennelementkästen an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstungsmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Im Berichtsjahr fielen 16 m<sup>3</sup> radioaktive Rohabfälle an (siehe Tabelle 6). Die Abfallmenge entsprach den Erwartungen aufgrund der durchgeführten Arbeiten.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Das KKM bewahrt die unkonditionierten Abfälle in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone auf. Ihr Bestand lag mit 62 m<sup>3</sup> 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 kommt im KKM hauptsächlich die Zementierung von Harzen zum Einsatz. Die erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen liegen vor. Im



Haupt- und Hilfskühlwasserpumpen im Maschinenhaus.  
Foto: KKM

Berichtsjahr wurden 30 Gebinde mit Harzen konditioniert. Ausserdem erfolgte eine Kampagne zur Konditionierung von nicht wiederverwendbaren Brennelementkästen. Das ENSI gab die Durchführung der Konditionierungskampagne frei.

Die konditionierten Abfallgebände werden in das werkseigene Zwischenlager eingelagert. Das KKM nutzt zudem die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers der Zwiilag. Im Berichtsjahr wurden 205 konditionierte Abfallgebände dorthin transferiert. Bei der jährlichen Inspektion des Lagerguts ergaben sich keine meldepflichtigen Befunde. Die radioaktiven Abfälle des KKM sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist. Wichtig bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKM wurden im Berichtsjahr insgesamt 41 t Material freigemessen. Bestrahlte Brennelemente des KKM werden nach einigen Jahren Lagerung im Brennelementbecken in Behältern in das Zentrale Zwischenlager (ZZL) zur Trockenlagerung transportiert. Im Berichtsjahr fand eine entsprechende Transportkampagne statt. Es wurden 69 Brennelemente zunächst in das ZZL transportiert und dort für die Zwischenlagerung in einen Transport- und Lagerbehälter umgeladen.

Weitere Information zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente findet sich im Kapitel 8.

## 2.6 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI beobachtete und beurteilte an der Stabsnotfallübung MARS die Notfallorganisation des KKM. Grundlage für das Übungsszenario waren drei kurz aufeinanderfolgende Erdbeben. Sie führten zum Ausfall mehrerer Transformatoren, Stromschienen, dieselgetriebener Generatoren und Pumpen. Der erschwerte Zugang zu Räumlichkeiten sowie Verletzte zwangen die Einsatzleitung mehrmals, Vorgehen und Entscheide an die geänderten Umstände anzupassen. Die laufend ändernde Verfügbarkeit von Systemen erschwerte die Entscheidungsfindung.

Das KKM stufte das Ereignis korrekt ein und meldete es dem ENSI zeitgerecht. Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen während der Stabsnotfallübung MARS kam das ENSI zum Schluss, dass das KKM die gemäss der Richtlinie ENSI-B11 vorgegebenen Ziele für Stabsnotfallübungen erreichte. Das KKM verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im Oktober 2019 zeigte, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren.



Ferner löste das ENSI im November 2019 ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKM aus, der die Verfügbarkeit des Werknotfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigte.

## 2.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr verringerte sich der Personalbestand im KKM gegenüber dem Vorjahr auf 307 Personen, die 299 Vollzeitstellen besetzen (Ende 2018: 312). Dieser Rückgang ist im Hinblick auf die bevorstehende Stilllegung des KKM nachvollziehbar und stellt keine Gefährdung der nuklearen Sicherheit dar. Die BKW Energie AG hatte, im Hinblick auf den sicheren Betrieb des KKM bis zur endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebes (EELB) am 20. Dezember 2019, Massnahmen zur Personalbindung initialisiert. Diese umfassten Perspektiven im Unternehmen, eine Bindungsprämie, Weiterbildungsprogramme und regelmässige Information. Damit konnten die für einen sicheren und wirtschaftlichen Betrieb des KKM bis zur EELB erforderlichen personellen Ressourcen gesichert werden. Das KKM setzte im Berichtsjahr folgende organisatorische Änderungen um: Per 1. Januar 2019 wurde das Ressort «Technische Dienste» aufgehoben. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Zeichnungswesens wechselten zu einer Tochterfirma der BKW Energie AG, die übrigen wurden in den Fachstab integriert. Aufgrund der EELB sei der Bedarf nach Leistungen des Zeichnungswesens rückläufig, begründete das KKM die Massnahmen. Per 1. Mai 2019 beabsichtigte das KKM

die im Jahr 2018 zusammengelegten Abteilungen Maschinentechnik und Elektrotechnik mit der Abteilung Betrieb zu einer einzigen Abteilung Anlage zu fusionieren. Das ENSI sah zusätzlichen Klärungsbedarf und gab dem Antrag erst per 1. Juli statt. Insbesondere forderte das ENSI Nachbesserungen im Bereich der Verantwortlichkeiten, um die Unabhängigkeit zwischen Betrieb und Instandhaltung und somit eine sicherheitsgerichtete Entscheidungsfindung innerhalb der Organisation weiterhin zu gewährleisten.

Das Managementsystem besitzt eine Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2015. Es wurde im Jahr 2019 rezertifiziert. Das ENSI führte 2019 eine Inspektion im Bereich des Managementsystems zum Thema Qualitätssicherung bei wiederkehrenden Funktionsprüfungen und zu deren Einbindung in das Betriebsführungssystem durch. Gegenstand waren die Prüfvorschriften, die Qualifizierung des Prüfpersonals, die Prüfaufsicht und Bewertung von Prüfungsergebnissen. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

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

Das ENSI führte eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2018 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2019 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 prüfte das ENSI die Ausbildung des Personals der Abteilung Technik auf

die Einhaltung der Vorgaben der Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) und der Richtlinie ENSI-B10. Die Ausbildungsprogramme in den inspeziierten Bereichen erfüllten die Anforderungen.

## 2.8 Vorbereitung der Stilllegung

Im Oktober 2013 entschied die BKW Energie AG, den Leistungsbetrieb des KKM Ende 2019 einzustellen und das Kernkraftwerk endgültig ausser Betrieb zu nehmen. Für den Rückbau erarbeitete die BKW Energie AG ein Stilllegungsprojekt und reichte es am 18. Dezember 2015 ein. Das ENSI erstellte zum Stilllegungsprojekt ein sicherheitstechnisches Gutachten und formulierte dabei 35 Nebenbestimmungen zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit. Darüber hinaus nahm das ENSI zu den gegen das Stilllegungsprojekt eingereichten Einsprachen sowie zu den Stellungnahmen der in das Verfahren involvierten Bundesämter und Kantone Stellung.

Am 20. Juni 2018 verfügte das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) die Stilllegung des KKM unter Berücksichtigung aller Nebenbestimmungen des ENSI in Form von Auflagen. Diese Auflagen betreffen diverse Aspekte des Stilllegungsprojektes. Sie regeln insbesondere die Freigabepflichten für vorbereitende Stilllegungsmassnahmen im Jahr 2020 im Maschinenhaus, für den Rückbau während der Stilllegungsphase 1 und der Stilllegungsphase 2. Die Stilllegungsphase 1 ist geplant für den Zeitraum September 2020 bis Ende 2024, die Stilllegungsphase 2 für die Jahre 2024 bis 2031.

Die BKW Energie AG beantragte Ende 2017 sowohl die Freigaben für die Etablierung des technischen Nachbetriebs als auch für die Vorbereitungs-massnahmen des Rückbaus im Jahr 2020. Das ENSI erteilte im Berichtsjahr die entsprechenden Freigaben. Die Freigabe für die Vorbereitungs-massnahmen des Rückbaus beschränken sich auf das Maschinenhaus.

Die BKW Energie AG beantragte zudem frühzeitig die Freigabe für die Stilllegungsphase 1 zusammen mit den freigabepflichtigen Massnahmen des Rückbaus. Die Anträge unterliegen der laufenden Prüfung und Bewertung durch das ENSI. Das ENSI führte zunächst eine Grobprüfung durch und kam zum Schluss, dass ein Teil der Antragsunterlagen zu überarbeiten war. Die BKW Energie AG schloss im Berichtsjahr die Überarbeitungen ab.

Seit dem Ende des Leistungsbetriebs am 20. Dezember 2019 erfolgen die Umsetzung der Massnahmen zur Etablierung des technischen Nachbetriebs und der vorbereitenden Massnahmen für den Rückbau des Maschinenhauses.

## 2.9 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2019 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Erläuterungen zur Sicherheitsbewertung) beschriebenen System sämtliche Inspektionsgegenstände, Ergebnisse von Zulassungsprüfungen, Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen und Sicherheitsindikatoren bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Dabei kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

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

**Sicherheitsbewertung 2019 KKM:**  
**Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge**  
 Bewertungen bezüglich Transporten zu und von den Kernkraftwerken werden im Text behandelt, aber für die anlagenspezifische Gesamtbewertung nicht berücksichtigt.

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

**Sicherheitsbewertung 2019 KKM: Schutzziel-Perspektive**  
 Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, aber mit zusätzlicher Darstellung radiologischer Auswirkungen

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Die Zellenbewertungen richten sich nach der höchsten einer Zelle zugeordneten Bewertung eines Sachverhalts. Sämtliche der Kategorie A (Abweichung) zugeordneten Sachverhalte sind im Unterkapitel 2.2 dargestellt.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

#### **Auslegungsvorgaben**

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

#### **Betriebsvorgaben**

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

#### **Zustand und Verhalten der Anlage**

Das ENSI beurteilt die im Unterkapitel 2.2 beschriebene Abweichung im Bereich von Zustand und Verhalten der Anlage 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 KKM hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als gut.

#### **Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation**

Das ENSI beurteilt die im Unterkapitel 2.2 beschriebene Abweichung im Bereich von Zustand und Verhalten 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 KKM hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als gut.



Kernkraftwerk Gösgen.  
Foto: KKG

## 3. Kernkraftwerk Gösgen

### 3.1 Überblick

Im Berichtsjahr kam es im Kernkraftwerk Gösgen (KKG) neben dem geplanten Revisionsstillstand zu zwei reparaturbedingten Unterbrüchen des Leistungsbetriebs. Das ENSI stellt fest, dass die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten wurden.

Das ENSI beurteilt die Sicherheit des KKG hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als hoch, hinsichtlich der Betriebsvorgaben als gut, hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als ausreichend und hinsichtlich 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 An-

hangs zusammengestellt. Figur 5a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage.

Im Berichtsjahr waren im KKG acht meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Ein Vorkommnis ordnete das ENSI der Stufe 1 auf der internationalen Ereignisskala INES zu, die anderen der Stufe 0. Das ENSI führte im Rahmen seiner Aufsicht 127 Inspektionen durch. Wo erforderlich verlangte das ENSI Verbesserungen und überwachte deren Umsetzung.

Der Revisionsstillstand dauerte vom 1. bis 22. Juni 2019. Neben dem Austausch von Brennelementen erfolgten Anlageänderungen sowie Prüfungen und Inspektionen an Komponenten und Systemen. Es ergaben sich keine Befunde, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen.

Die Kollektivdosis war sowohl im 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 natürlichen Strahlenexposition 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 zwei Schichtchefs ihre Zulassungsprüfung. Vier Reaktoroperateure absolvierten im Rahmen ihrer Ausbildung zum Techniker HF, Fachrichtung Grossanlagenbetrieb die Prüfung im Bereich der kerntechnischen Grundlagen erfolgreich.

### 3.2 Betriebsgeschehen

Das KKG erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 88,8% und eine Zeitverfügbarkeit von 89,4%. Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war auf den Revisionsstillstand und die beiden reparaturbedingten Abschaltungen zurückzuführen.

Die ausgekoppelte Prozesswärme für die Versorgung der zwei nahegelegenen Kartonfabriken belief sich auf 226,9 GWh.

Wartungsarbeiten am  
380-kV-Netz.  
Foto: KKG



Zur Durchführung geplanter Prüfungen erfolgten kurzzeitige Leistungsabsenkungen.

An einer Inspektion des Einschleusens neuer Brenn- und Steuerelemente stellte das ENSI fest, dass die technische Dokumentation der Brennelementschleuse nicht dem aktuellen Anlagezustand entsprach. Die Mängel betrafen die Gebiete Elektro- und Leittechnik. Das KKG nahm die vom ENSI geforderte Ergänzung der Dokumente fristgerecht vor. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die nicht dem aktuellen Anlagezustand entsprechenden Dokumente der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt der Betriebsvorgaben mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 1 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

Im Berichtsjahr waren acht meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen. Ein Vorkommnis ordnete das ENSI der Stufe 1 auf der internationalen Ereignisskala INES zu, die übrigen der Stufe 0.

■ Am 1. Februar 2019 zeigte sich an einer Messleitung des Speisewassersystems eine geringfügige Leckage. Das Speisewassersystem ist Teil des nicht nuklearen Sekundärkreislaufs. Die Messleitung dient der Erfassung des Speisewasserdrucks. Am 2. Februar 2019 wurde die Anlage für die Behebung der Leckage abgefahren. Nach dem Heraustrennen des betroffenen Leistungsstücks und Aufschweissen einer Verschlusskappe nahm das KKG den Leistungsbetrieb am 4. Februar 2019 wieder auf. Eine externe Analyse zeigte am 14. Februar 2019, dass die Leckage rissbedingt und damit gemäss der Richtlinie ENSI-B03 meldepflichtig war. Die betroffene Druckmessung war bis zum Revisionsstillstand 2019 nicht verfügbar. Sie löst keine Aktionen des Reaktorschutzes auf der Sicherheitsebene 3 aus. Für die Sicherheitsebenen 1 und 2 wurde temporär das Signal einer anderen Druckmessstelle aufgeschaltet. Die Leckage vom 1. Februar 2019 war das dritte vergleichbare Vorkommnis innerhalb von vier Jahren. Das KKG erhöhte deshalb die Priorität des bereits nach dem Vorkommnis vom 13. Juli 2018 beschlossenen Austauschs der Druckmessleitungen des Speisewassersystems (siehe Seite 44 im Aufsichtsbericht 2018). Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage an einer Druckmessleitung des Speisewassersystems der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der

Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

- Am 17. Februar 2019 fiel die Iodaktivitätsmessung zur Überwachung der Kaminfortluft aus. Ein defekter Lüfter eines Elektronikschanks löste eine Sicherung aus, wodurch auch die Stromversorgung der Pumpe unterbrochen wurde, welche die Luft in die Messstelle fördert. Damit war die Iodaktivitätsmessung nicht mehr verfügbar. Die Betriebsbereitschaft wurde innerhalb der massgeblichen Frist der Technischen Spezifikation wieder erstellt. Die anderen Messsysteme zur kontinuierlichen und bilanzierenden Überwachung der Kaminfortluft funktionierten normal. Die Auswertung der Filter der bilanzierenden Abgasmessung, die nicht mit dem Iodmonitor zusammenhängen, zeigte während der Nichtverfügbarkeit der Iodaktivitätsmessung keine entsprechenden Abgaben. Zur Verhinderung gleichartiger Vorkommnisse trennte das KKG die Absicherung von Lüfter und Pumpe. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Ausfall des Iodmonitors der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie die Schutzziele «Einschluss radioaktiver Stoffe» und «Begrenzung der Strahlenexposition».
- Bei einem Test am 15. März 2019 konnte ein Regelventil nicht wie vorgesehen geöffnet werden. Grund war ein Fehler in der Leittechnik des Ventiltriebs. Nach Ersatz des betroffenen Moduls innerhalb der massgeblichen Frist gemäss Technischer Spezifikation verlief der Test erfolgreich. Im Anforderungsfall hätte ein Strang des Not- und Nachkühlsystems nur eingeschränkt zur Verfügung gestanden. Die anderen Redundanzen standen uneingeschränkt zur Verfügung und hätten die Wärmeabfuhr jederzeit gewährleistet. Das KKG schickte die betroffene Komponente zur Analyse an den Hersteller. Das ENSI forderte vom KKG zusätzliche Abklärungen, um die elektronischen Bauteile, die das Vorkommnis verursacht hatten, auf der fehlerhaften Printplatte eindeutig zu identifizieren. Sie zeigten eine mangelhafte Lötstelle als Fehlerursache. Des Weiteren verlangte das ENSI eine Auswertung der Betriebsdaten von mindestens zehn häufig verfahrenen Armaturen. Die Auswertungen zeigten keine Anoma-

lien – in Übereinstimmung mit der Annahme, dass es sich bei der mangelhaften Lötstelle um einen Einzelfehler handelt und kein systematischer Mangel in der Leittechnik vorlag. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Nichtverfügbarkeit des Regelventils der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 3 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente». Die mit dem Vorkommnis verbundene Risikoerhöhung ordnete das ENSI der Kategorie A (Abweichung) zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.

- Am 13. Mai 2019 stellte das KKG fest, dass im Ringraum insgesamt 101 nicht auf ihre Eignung bei Störfallbedingungen geprüfte Druckmessumformer eingesetzt waren. Druckmessumformer erzeugen ein vom herrschenden Druck abhängiges elektrisches Signal, welches in der Mess- und Leittechnik verwendet wird. Das Containment des KKG besteht aus einer Stahl-druckschale, die das Primärcontainment bildet, und dem Reaktorgebäude, welches das Sekundärcontainment darstellt. Der ausserhalb der Stahl-druckschale liegende Teil des Reaktorgebäudes wird als Ringraum bezeichnet. Im Ringraum befinden sich die Hauptkomponenten des nuklearen Not- und Nachkühlsystems. Die Stahl-druckschale schützt diese bei Kühlmittelverluststörfällen im Primärcontainment, das Reaktorgebäude vor Einwirkungen von aussen. Ein Teil der Ausrüstungen im Ringraum befindet sich in abgetrennten Räumen. Durch den Ringraum verlaufen druckführende Leitungen. Beim Bruch einer solchen Leitung kann es zum Austritt von heissem Wasser kommen. Dies bewirkt einen Anstieg von Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den nicht räumlich vom Ort des Schadens abgetrennten Teilen des Ringraums. Dabei muss mit einem Ausfall der nicht für diese Bedingungen geprüften Umformer gerechnet werden. Die grösste sicherheitstechnische Bedeutung hatte der mögliche gleichzeitige Ausfall der auf Messung des hydrostatischen Drucks basierenden Füllstandsmessungen der Flutbehälter. Die Flutbehälter enthalten borsäurehaltiges Wasser, welches im Anforderungsfall durch das nukleare Not- und Nachkühlsystem in den Reaktor gefördert wird. Bei einem Ausfall der

Füllstandsmessungen wäre dies nicht mehr automatisch durch den Reaktorschutz sichergestellt worden, sondern hätte gegebenenfalls Handeingriffe erfordert. Da sowohl auf ihre Eignung bei Störfallbedingungen geprüfte als auch nicht geprüfte Umformer die gleiche Typenbezeichnung des Herstellers tragen und sie sich optisch nicht nennenswert unterscheiden, wurde der Fehler erst aufgrund einer Meldung aus ausländischen Kernkraftwerken erkannt. Das KKG tauschte die betroffenen Umformer im Revisionsstillstand 2019 nach Freigabe durch das ENSI gegen geprüfte Umformer aus. Das ENSI verlangte vom KKG eine Prüfung der Eignung aller sicherheitsrelevanten Messumformer im Primärcontainment und Ringraum, für die Anforderungen an die Störfallfestigkeit bestehen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den mehrere Redundanzen betreffenden Einsatz nicht eignungsgeprüfter Druckmessumformer der Stufe 1 (Anomalie) der internationalen Ereignisskala INES zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 3 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente». Die damit verbundene Risikoerhöhung wurde gemäss Unterkapitel 6.6.2 der Richtlinie ENSI-A06 und Anhang 6 der Richtlinie ENSI-B03 der Kategorie INES 1 (Anomalie) zugeordnet, als Aspekt des Zustandes und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender und schutzzielübergreifender Bedeutung.

- Bei der Brennelementinspektion im Revisionsstillstand war an der Unterseite eines Abstandshalters eines Brennelements ein Fremdkörper gefunden worden. Das KKG kontrollierte daher die während des vorangegangenen Betriebszyklus zum betroffenen Brennelement benachbarten Elemente auf mögliche Schäden. Ein Nachbarelement zeigte am 11. Juni 2019 zwei beschädigte Abstandshalter. Es kam im neuen Betriebszyklus entgegen der ursprünglichen Planung nicht zum Einsatz. Das machte eine Anpassung des Beladepfades erforderlich. Grund für die Beschädigungen waren betriebsbedingte, ungünstige Verbiegungen der involvierten Brennelemente. Eine leichte Biegung von Brennelementen infolge der ortsabhängigen Neutronenfluenz ist normal. Im vorliegenden Fall waren die betroffenen Brennelemente bereits während zwei Zyklen im Reaktor eingesetzt gewesen, bevor es beim Beladen des Re-

aktors für den Betriebszyklus 2018/2019 zur Verhakung und Beschädigung von zwei Abstandshaltern kam. Hüllrohre von Brennstäben wurden nicht beschädigt. Die Abstandshalter fixieren die Brennstäbe auf ihren Positionen innerhalb des Brennelements und stellen so die korrekte Durchströmung des Brennelements mit Primärkühlmittel sicher. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Beschädigung der Abstandshalter 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».

- Im Rahmen einer leittechnischen Prüfung während des Revisionsstillstands fuhr am 13. Juni 2019 eine Armatur des Not- und Nachkühlsystems nicht vollständig auf. Der Drehmomentenschutz stoppte die schwergängige Armatur, die sich anschliessend auch nicht mehr zufahren liess. Eine erste Kontrolle der ausgebauten Armatur zeigte Verschleiss an Spindel und Spindelmuttern, die umgehend ersetzt wurden. Da der Grad der Beschädigung nicht erkennbar war, schickte das KKG die beschädigten Komponenten an ein externes Prüflabor. Die am 13. November 2019 eingetroffenen Prüfergebnisse zeigten, dass plastische Verformungen und damit ein meldepflichtiges Vorkommnis gemäss der Richtlinie ENSI-B03 vorlagen. Die Betriebsaufzeichnungen zeigten für den 1. Juni 2019, dem Beginn des Revisionsstillstands, ein normales Öffnen und Schliessen der Armatur. Somit muss es während des Revisionsstillstands zwischen dem 1. und 13. Juni 2019 zu einer aussergewöhnlichen Krafteinwirkung gekommen sein, die zur Deformation von Spindel und Spindelmutter führte. Die Ursache des Vorkommnisses ist noch nicht abschliessend geklärt. Das ENSI forderte vom KKG zusätzlich Abklärungen, insbesondere was den Zusammenhang zwischen den Deformationen und dem Stopp des Auffahrens durch den Drehmomentenschutz betrifft. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Schwergängigkeit der Armatur der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 3 sowie für die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität» und «Kühlung der Brennelemente».

- Am 26. Juli 2019 verursachte eine Drahtlitze einen Kurzschluss in einem 10-kV-Schalter der elektrischen Eigenbedarfsversorgung. Wie und wann dieser Fremdkörper in den Schalter gelangt war, konnte nicht genau eruiert werden. Die betroffene 10-kV-Schiene wurde auslegungsgemäss vom Netz getrennt. Zur Versorgung der ab dieser Schiene versorgten Notstromschiene startete wie vorgesehen der zugeordnete Notstromdieselgenerator. Die 10-kV-Schienen des KKG werden im Normalfall über Eigenbedarfstransformatoren ab der 27-kV-Ebene versorgt. Obwohl diese Transformatoren kurzschlussfest ausgelegt sind, führte der Kurzschluss vom 26. Juli 2019 zur Abschaltung und, wie sich später zeigte, zu einer Beschädigung des betroffenen Eigenbedarfstransformators. Die Anlage reagierte korrekt mit einer Trennung vom externen 400-kV-Netz, einer Turbinenschnellabschaltung und einer Verminderung der Reaktorleistung. Die Versorgung der nicht betroffenen 10-kV-Schienen erfolgte nach erfolgreicher Umschaltung ab dem externen 220-kV-Netz. Zum Ersatz des beschädigten Eigenbedarfstransformators musste die Anlage bis 11. August 2019 vollständig abgefahren werden. Zur Verminderung der Wahrscheinlichkeit vergleichbarer, zukünftiger Vorkommnisse verschärfte das KKG die Vorkehrungen gegen Fremdmaterialien im Bereich der Elektrotechnik. Das ENSI forderte vom KKG eine Analyse der Ursache für den Fehler im Eigenbedarfstransformator. Es zeigte sich, dass die mangelhafte Kurzschlussfestigkeit nicht durch Alterung verursacht wurde, sondern designbedingt war. Die mechanische Auslegung war nicht den bei einem Kurzschluss auftretenden Kräften angepasst. Im Weiteren zeigte sich, dass auch der zweite Eigenbedarfstransformator nicht ausreichend kurzschlussfest ist. Das KKG wird zwei neue Eigenbedarfstransformatoren beschaffen, die für die zu erwartenden Kurzschlussströme ausgelegt sind. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die ungenügende Kurzschlussfestigkeit des Eigenbedarfstransformators der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 2 sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.
- Am 21. Oktober 2019 sollte an einem der vier Notstromdieselgeneratoren eine Prüfung der Leittechnik stattfinden. Der Diesel selbst war

planmässig im Rahmen der jährlichen Strangrevision freigeschaltet. Irrtümlicherweise war zu Beginn der Prüfung am Prüfgerät eine falsche Bedienungsmaske aufgeschaltet, was nicht bemerkt wurde. Damit öffnete sich fälschlicherweise ein Transformatorschalter. Dies führte dazu, dass eine 6-kV-Notstromschiene spannungslos wurde. Da der zugehörige Notstromdiesel im Rahmen der Strangrevision nicht verfügbar war, konnte er die Schiene nicht versorgen, wie dies normalerweise beim Ausfall der Versorgung über den Transformator der Fall gewesen wäre. Damit blieben die Notstromschiene und die von ihr versorgten Verbraucher bis zum Schliessen des Transformatorschalters während 34 Minuten spannungslos. Alle massgeblichen Fristen der Technischen Spezifikation zur Verfügbarkeit der Notstromschiene und der vom Spannungsunterbruch betroffenen Komponenten wurden eingehalten. Zur zukünftigen Verhinderung gleichartiger Fehler verbesserte das KKG die Prüfvorschriften. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die temporäre Spannungslosigkeit einer Notstromschiene 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



Materialtestprogramm für die Handhabung der Brennelementwerkzeuge.  
Foto: KKG

Anwendung von Fehlervermeidungstechniken, die zur Spannungslosigkeit führte, 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.

### 3.3 Anlagentechnik

#### 3.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstands vom 1. bis 22. Juni 2019 führte das KKG folgende geplanten Tätigkeiten aus: Brennelementwechsel und Brennelementinspektionen, Prüfungen elektrischer und mechanischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Prüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten. Für den Brennelementwechsel kam die 2017 erneuerte Lademaschine zum Einsatz. Die Prüfung der Diagonalfahrweise, die die Bewegung von Brennelementen in beliebiger Richtung ermöglicht, zu Beginn des Revisionsstillstands verlief erfolgreich. Die mechanischen Probleme, die eine solche Fahrweise im Revisionsstillstand 2018 verhindert hatten, waren während des Betriebszyklus 2018/2019 behoben worden.

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

- Das KKG ersetzte die Gleitringdichtungen aller Hauptkühlmittelpumpen und nahm eine Revision des Axiallagers an einer Hauptkühlmittelpumpe vor.
- Eine Hochdruckförderpumpe des Volumenregelsystems wurde einer Grossrevision unterzogen.
- Die Oberflächenriss- und Ultraschallprüfung an drei Rund- und zwei Stutzeneinschweissnähten eines Dampferzeugers ergaben keine Befunde.
- Die Oberflächenriss- und Ultraschallprüfung an einer Rund- und drei Stutzeneinschweissnähten des Druckhalters waren ohne Befund, ebenso die visuellen Prüfungen an drei anderen Stutzeneinschweissnähten. Die innere Prüfung eines Druckhaltersicherheitsventils zeigte normale Gebrauchsspuren.

- Das KKG ersetzte einen grossen Teil der Speisewasser-Druckmessleitungen. Leckagen an solchen Druckmessleitungen hatten bereits 2015 und 2018 zu meldepflichtigen Vorkommnissen geführt. Nach dem dritten vergleichbaren Vorkommnis am 1. Februar 2019 (siehe Unterkapitel 3.2) beschleunigte das KKG den Ersatz.

Im Bereich der Starkstrom-, Leit- und Messtechnik erfolgten umfangreiche wiederkehrende Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten gemäss langfristiger Planung. Sie bestätigten den guten Zustand der Komponenten und Systeme. Die Prüfungen des Reaktorschutzsystems bestätigten dessen guten Zustand. Im Bereich des elektrischen Eigenbedarfs fand die Grossrevision einer Redundanz statt. Das KKG begann mit ausgewählten Arbeiten an Steuerungen, an der Messtechnik, an Regelungen und an der nuklearen Instrumentierung aus terminlichen Gründen bereits mehrere Wochen vor dem Revisionsstillstand. Die durchgeführten Kontrollen von Bauwerken ergaben 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 zeigten sich keine Befunde, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen. Die durchgeführten Prüfungen zeigten einen guten Zustand der mechanischen sowie der elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen.

#### 3.3.2 Anlageänderungen

Folgende Anlageänderungen seien an dieser Stelle erwähnt:

- Der erste Teil der Stromversorgung der Steuerstapantriebe wurde ertüchtigt und erfolgreich geprüft. Der zweite Teil ist für den Revisionsstillstand 2020 eingeplant.
- Im Berichtsjahr fand der Austausch der Leittechnik am letzten der vier Notstromdiesel statt.
- Die seismische Ertüchtigung der Gleichspannungssammelschienen aller vier Stränge im Schaltanlagegebäude wurde abgeschlossen.
- Im Rahmen der Erweiterung der Notstandssysteme erfolgten weitere Bauarbeiten für das neue Gebäude für die erweiterten Deionatvorräte. Das ENSI erteilte die erforderlichen Freigaben. Die beiden neuen Deionatbecken ermöglichen es im Anforderungsfall, die Nachwärme aus dem Primärkreislauf während einer verlängerten Zeitspanne über die Dampferzeu-

ger abzuführen, ohne dass eine Nachspeisung von Brunnenwasser erforderlich ist.

- 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 begann der Austausch der Brandschutzklappen. Die als schwergängig erkannten Brandschutzklappen wurden zusätzlich zum bestehenden Federantrieb mit einem Motorantrieb nachgerüstet. Dies verbessert die Funktionstüchtigkeit in der Übergangszeit bis zum Ersatz durch neue, dem Stand der Technik entsprechende Klappen.

### 3.3.3 Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente

Geringe Aktivitätskonzentrationen im Primärkühlmittel liessen den Schluss zu, dass im 40. Betriebszyklus (2018/2019) keine Brennstab-Hüllrohrdefekte mit Aktivitätsfreisetzung aufgetreten waren. Während des Revisionsstillstands wurden acht frische Uran- und 28 frische WAU-Brennelemente (wiederaufgearbeitetes Uran) in den Reaktorkern geladen, der damit im 41. Betriebszyklus insgesamt acht Uran- und 169 WAU-Brennelemente enthält. Bei umfangreichen Inspektionen der Standard-Brennelemente mit Uran- und WAU-Brennstoff und verschiedenen Standzeiten wurden bezüglich des Brennelement- und Brennstabwachstums sowie der Brennelementverbiegung auslegungsgemässe Zustände festgestellt. Die an Brennstäben mit verschiedenen Hüllrohrmaterialien

gemessenen Oxidschichtdicken waren gering und lagen im erwarteten Bereich.

Die Steuerstabfinger aller 48 Steuerelemente wurden während des Revisionsstillstands auf Wanddickenschwächungen und Beschädigungen untersucht. Bei fünf der im Kern eingesetzten Steuerelemente zeigten sich Rissanzeigen. Sie wurden vorsorglich ausgetauscht und kommen 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 einsetzte, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen und nur bestrahlte Brennelemente und Steuerelemente mit defektfreien Hüllrohren in den Reaktor einsetzte.

Im Berichtszeitraum 2019 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 Berichtsjahr verzeichnete das KKG eine Kollektivdosis von 286 Pers.-mSv. Die höchste im KKG registrierte Individualdosis lag mit 5,3 mSv unterhalb des für beruflich strahlenexponierte Personen geltenden Dosisgrenzwerts von 20 mSv pro Jahr. Während des Revisionsstillstands wurden 195 Pers.-mSv akkumuliert, geplant waren 251 Pers.-mSv. Es wurden keine Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, und keine Inkorporationen festgestellt.



Neutronenflussmessung.  
Foto: KKG

Die Anlage zeigte sich in einem radiologisch sauberen und zonenkonformen Zustand.

Das ENSI überzeugte sich an mehreren Inspektionen davon, dass das KKG einen konsequenten und gesetzeskonformen Strahlenschutz praktizierte. Der Personalbestand im Strahlenschutz war ausreichend.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Abgabelimiten. Dies gilt auch für die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser ohne Tritium. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritiumabgaben des KKG betragen rund 24 % 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 berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKG unter ungünstigen Annahmen. Die berechneten Dosen betragen für Erwachsene, Zehnjährige und für Kleinkinder unter 0,001 mSv. Sie 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 Werks zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Die EDIS-Dosimeter (Environmental Direct Ion Storage Dosimeter) registrierten keine signifikante Erhöhung gegenüber

der Untergrundstrahlung. 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 2019 des ENSI verwiesen.

### 3.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKG regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstungsmaßnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Im Berichtsjahr fielen 17 m<sup>3</sup> 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

Maschinenhaus.  
Foto: ENSI



Räumlichkeiten der kontrollierten Zone auf. Ihr Bestand lag mit 18 m<sup>3</sup> im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brennbar und weitere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in den Anlagen der Zwiilag bereitgestellt und dort hin 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 angewendeten Verfahren liegen die erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden 47 Gebinde mit Harzen konditioniert.

Die konditionierten Abfallgebinde werden im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKG nutzt zudem die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers der Zwiilag. Im Berichtsjahr wurden 15 Fässer mit konditionierten Abfallgebinden dort hin transferiert. Bei der jährlichen Inspektion des Lagerguts zeigten sich keine meldepflichtigen Befunde. Die radioaktiven Abfälle des KKG sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Wichtig bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKG wurden im Berichtsjahr 6,5 t Material freigemessen.

Im Jahr 2019 führte die Betreiberin vier innerbetriebliche Transporte mit insgesamt 48 abgebrannten Brennelementen aus dem Brennelementbecken des Reaktorgebäudes ins werkseigene externe Nasslager durch. Weitere Information zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente findet sich im Kapitel 8.

### 3.6 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI beobachtete im August 2019 an der Werksnotfallübung OSTEREI mit Schwerpunkt Polizeieinsatz die Notfallorganisation. Das Szenario unterstellte eine politisch angespannte

Lage infolge angedrohter terroristischer Vergeltungsmassnahmen. Aufgrund von Hinweisen des Nachrichtendienstes an das ENSI wurde die Bedrohungslage erhöht. Das KKG setzte die der Bedrohungslage entsprechenden Massnahmen um. Die Detonation von Sprengladungen sowie die telefonische Drohung der Terroristen bildeten eine realistische Übungsumgebung für das KKG und die Kantonspolizei Solothurn.

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

Eine Inspektion im Oktober 2019 zeigte zudem, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren. Ferner löste das ENSI im November 2019 ohne Voranmeldung einen Übungsalarm im KKG aus, der die Verfügbarkeit des Werksnotfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigte.

### 3.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr erhöhte sich der Personalbestand des KKG gegenüber dem Vorjahr auf 553 Personen (ohne Lernende), die 528 Vollzeitstellen besetzen (Ende 2018: 535). 2019 erfolgte eine Reihe organisatorischer Änderungen, mit dem Ziel, die Organisation auf den Langzeitbetrieb vorzubereiten. Zum Jahresbeginn wurde die Abteilung Langzeitbetrieb gegründet, die zukünftig für die Planung und Steuerung grosser Nachrüstprojekte zuständig ist. Die Neuausrichtung der Organisation des KKG hat auch Auswirkungen auf andere Abteilungen, insbesondere auf die Abteilungen Sicherheit und Maschinenteknik. In diesen Abteilungen wurden im Zuge der Reorganisation verschiedene Ressorts neu geschaffen, zusammengeführt oder neu ausgerichtet. Da sich auf dem Arbeits- und Lieferantenmarkt ein Verlust an Know-how und Kapazitäten abzeichnet, versucht das KKG das erforderliche Wissen und die notwendigen Ressourcen für den Langzeitbetrieb selbst aufzubauen und zu erhalten. Das ENSI gab die entsprechenden Änderungen des Kraftwerksreglements frei.

Das KKG führte im Berichtsjahr sein in den Vorjahren initialisiertes Programm zur Stärkung der menschlichen und organisatorischen Aspekte und

zur Weiterentwicklung seiner Sicherheitskultur weiter. Unter anderem beschloss das KKG die Gründung eines HRO-Zentrums (High Reliability Organisation). Ein zentrales Element des Programms sind die so genannten HPO-Workshops (Human Performance Optimisation). Bereits in den vergangenen Jahren besuchte die gesamte Belegschaft solche Schulungen. Thematisiert wurden beispielsweise Fehlervermeidungstechniken. Seit Herbst 2019 stehen Aspekte der Sicherheitskultur im Zentrum mit dem Ziel, die interdisziplinäre und hierarchieübergreifende Zusammenarbeit, die Eigenverantwortung und die Achtsamkeit bei der täglichen Arbeit weiter zu stärken. Das ENSI begrüsst diese Massnahmen.

Das Managementsystem besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2015. Es wurde im Jahr 2019 rezertifiziert. Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Inspektion im Bereich des Managementsystems zum Thema Qualitätssicherung bei wiederkehrenden Funktionsprüfungen und zu deren Einbindung in das Betriebsführungssystem durch. Gegenstand waren die Prüfvorschriften, die Qualifizierung des Prüfungspersonals, die Prüfaufsicht und Bewertung von Prüfungsergebnissen. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

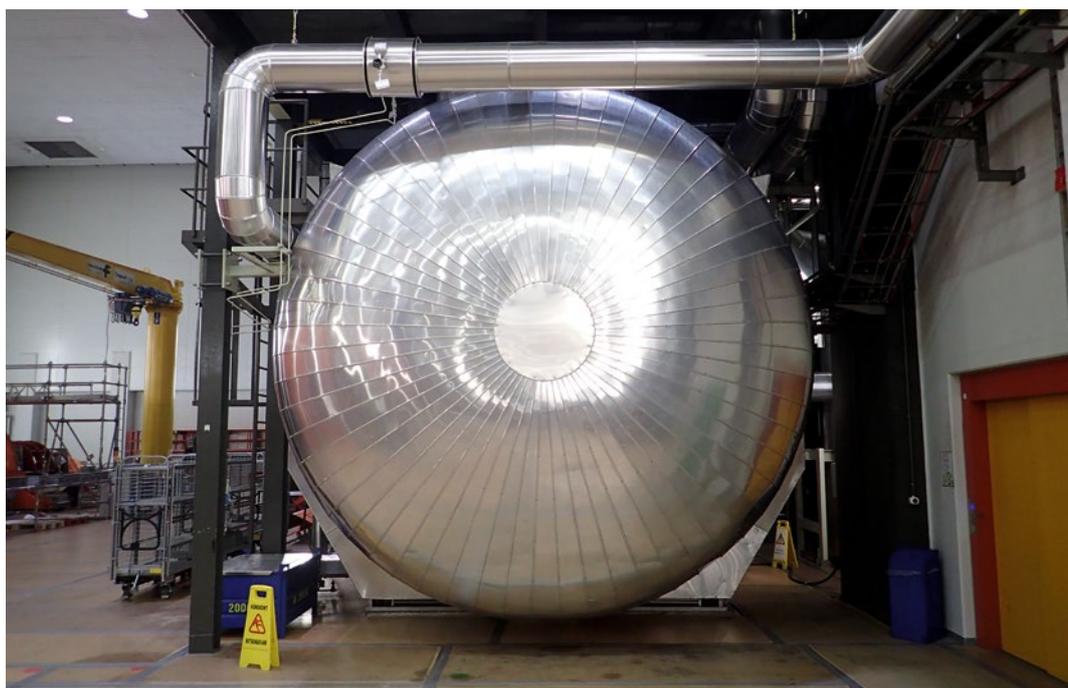
Im Berichtsjahr legten zwei Schichtchefs ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil

erfolgt am eigenen Anlagesimulator und besteht in einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse. Vier Reaktoroperateure haben im Rahmen ihrer Ausbildung zum Techniker HF, Fachrichtung Grossanlagenbetrieb im Berichtsjahr die dafür erforderlichen kerntechnischen Grundlagen erworben. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt. Das ENSI führte eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2018 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2019 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 überprüfte das ENSI die Ausbildung des Personals der Abteilung Elektrotechnik auf Einhaltung der Vorgaben der Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) und der Richtlinie ENSI-B10. Die Ausbildungsprogramme in den inspizierten Bereichen erfüllten die Anforderungen.

### 3.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Das KKG reichte dem ENSI die Unterlagen für die Periodische Sicherheitsüberprüfung fristgerecht Ende 2018 ein. Das ENSI unterzog die eingereichte Dokumentation einer Grobprüfung. Am 18. Juli 2019 teilte das ENSI das Ergebnis der Grobprüfung mit insgesamt 25 Nachforderungen dem KKG mit.

Speiswasserbehälter.  
Foto: ENSI



### 3.9 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2019 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	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation
<b>Ziele</b>				
<b>Sicherheitssebenen</b>				
Ebene 1	N	V	A	V
Ebene 2	N	V	A	V
Ebene 3	N	V	1	V
Ebene 4		N	N	N
Ebene 5			N	N
<b>Barrieren</b>				
Integrität der Brennelemente	N	N	N	N
Integrität des Primärkreises			N	
Integrität des Containments			N	
<b>ebenen- oder barriierenübergreifende Bedeutung</b>		A	1	V

#### Sicherheitsbewertung 2019 KKG:

##### Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

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

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

#### Sicherheitsbewertung 2019 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

Bei der Beurteilung der Auslegungsvorgaben hat das ENSI Erkenntnisse aus der letzten Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) sowie aus dem EU-Stresstest herangezogen und dabei die Auslegung der Anlage bezüglich Redundanzgrad, Diversität, räumlicher Separation und Robustheit gegen auslösende Ereignisse bewertet. Da die Auslegungsvorgaben des KKG die Minimalanforderungen und den Stand ausländischer Anlagen desselben Typs übertreffen und keine Bewertungen der Kategorie A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als hoch.

#### Betriebsvorgaben

Das ENSI beurteilt die im Unterkapitel 3.2 beschriebene Abweichung 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 ordnet den Einsatz von nicht auf ihre Eignung bei Störfallbedingungen geprüften Druckmessumformern sowie die damit verbundene Risikoerhöhung (siehe Unterkapitel 3.2) der Stufe 1 der internationalen Ereignisskala INES zu. Entsprechend bewertet das ENSI die Sicherheit des KKG hinsichtlich des Zustands und Verhaltens der Anlage als ausreichend.

#### Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

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





Kernkraftwerk  
Leibstadt.  
Foto: KKL

## 4. Kernkraftwerk Leibstadt

### 4.1 Überblick

Infolge der Befunde an Hüllrohren aus der Jahreshauptrevision 2016 waren im Berichtsjahr die zulässige thermische Leistung für einen Teil der Brennelemente und der Kerndurchsatz begrenzt. Die Massnahmen basierten auf den Analysen der Befunde und dienten der Verhinderung einer Wiederholung. Bis zum Revisionsstillstand konnte die Anlage nur mit einer gegenüber der Nennleistung reduzierten thermischen Reaktorleistung betrieben werden. Die neue Kernbeladung nach dem Revisionsstillstand erlaubte es, die Anlage trotz gewissen weiterhin gültigen Restriktionen mit der vollen thermischen Nennleistung zu betreiben. Drei Reaktorschnellabschaltungen und eine reparaturbedingte Ausserbetriebnahme unterbrachen den Leistungsbetrieb im Berichtsjahr zusätzlich zur Jahreshauptrevision.

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

Das 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 gab es elf meldepflichtige Vorkommnisse mit Bezug zur nuklearen Sicherheit, die das ENSI auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zuordnete.

Das ENSI führte 119 Inspektionen durch. Wo erforderlich verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Die Jahreshauptrevision begann am 3. Juni und dauerte bis 1. Juli 2019. Für die Reparatur am Hydrauliksystem der Umwälzregelung infolge einer Leckage während des Anfahrens (siehe Unterkapitel 4.2) musste die Anlage nochmals abgefahren werden. Die thermische Reaktorleistung erreichte am 9. Juli 2019 erstmals seit 2016 wieder die Nennleistung.

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 natürlichen Strahlenexposition unbedeutend.

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

Zwei Picketingenieure, zwei Schichtchefs sowie vier Reaktoroperateure bestanden ihre Zulassungsprüfung. Vier Reaktoroperateure absolvierten im Rahmen ihrer Ausbildung zum Techniker HF, Fachrichtung Grossanlagenbetrieb die Prüfung im Bereich der kerntechnischen Grundlagen erfolgreich.

*Inspektion des Brennelement-lagerbeckens.  
Foto: KKL*



## 4.2 Betriebsgeschehen

Das KKL verzeichnete in seinem 35. Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 82,9 % und eine Zeitverfügbarkeit von 89,0 %. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind im Anhang in Figur 1 dargestellt. Die zeitliche Nichtverfügbarkeit der Anlage war im Berichtsjahr durch die Jahreshauptrevision, drei Reaktorschnellabschaltungen und eine Reparatur bedingt. Die Reaktorschnellabschaltungen waren im Wesentlichen auf Probleme bei der Zuverlässigkeit von Komponenten im Bereich der Turbine, des Frischdampf- und des Speisewassersystems des KKL zurückzuführen. Das ENSI sieht hier insbesondere Verbesserungsbedarf im Bereich der Zuverlässigkeit von Systemen und Komponenten auf den Sicherheitsebenen 1 und 2. Als Folge der im ersten Halbjahr reduzierten thermischen Reaktorleistung lag die Arbeitsausnutzung deutlich unter der Zeitverfügbarkeit. Hohe Umgebungstemperaturen führten im Sommer zu weiteren, die Arbeitsausnutzung vermindern den Leistungsreduktionen.

An einer Inspektion überprüfte das ENSI die organisatorischen Vorgaben des KKL zum Brandschutz und deren Umsetzung. Grundlagen für die Beurteilung waren die Richtlinien HSK-R-50 und ENSI-G07 sowie die Vorschriften der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF). Abweichungen von den Vorgaben zeigten sich bei Funktionsbeschreibungen, personellen Ressourcen, der internen Berichterstattung zum Brandschutz sowie der Anpassung der internen Vorgabedokumente an geänderte übergeordnete Bestimmungen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die festgestellten Mängel im Bereich des Brandschutzes der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt der Betriebsvorgaben beziehungsweise des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation, jeweils mit ebenen- oder barriereübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.

### Befunde an Brennstäben neu eingestuft

Im Jahr 2016 waren im KKL an mehreren Brennstäben Verfärbungen der Hüllrohroberfläche festgestellt worden (siehe Seite 59 im Aufsichtsbericht 2016). Die Ergebnisse der ersten Analyse wiesen auf eine verstärkte Bildung von Zirkoniumoxid hin. Bei der Bildung von Zirkoniumoxid verbindet sich Zirkonium aus den aus einer Zirkoniumlegierung bestehenden Hüllrohren mit Sauerstoff. Das be-

wirkt eine Reduktion der metallischen Wandstärke. Vertiefte Untersuchungen zeigten jedoch, dass es sich um Ablagerungen auf den Hüllrohroberflächen handelte, die dementsprechend die Wandstärke nicht beeinträchtigten. Die Ablagerungen bestehen hauptsächlich aus Zinkoxid und Zinksilikat. Zink wird dem Reaktorwasser in geringen Mengen zugesetzt, um die Ortsdosisleistung an Teilen des Reaktorkühlkreislaufts zu vermindern. Aufgrund der Strömungsverhältnisse bei gewissen Betriebszuständen war es zu lokal erhöhten Konzentrationen gekommen, die beim Überschreiten der Löslichkeitsgrenze zu den beobachteten Ablagerungen führten. Da entgegen der Ergebnisse der ersten Abklärungen keine Schwächung der Hüllrohre vorlag, ist die sicherheitstechnische Bedeutung des Vorkommnisses geringer als ursprünglich angenommen. Das ENSI ordnete das Vorkommnis daher neu der Stufe 0 und nicht mehr der Stufe 1 der internationalen Ereignisskala INES zu. Dementsprechend bewertete das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich der Auslegungsvorgaben für das Jahr 2016 neu als hoch und nicht wie bis anhin als ausreichend.

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

■ Zur Sicherstellung der Funktionsbereitschaft mobiler Dosisleistungsmessgeräte nimmt eine externe, akkreditierte Eichstelle in regelmässigen Abständen Eichungen vor. Zwischen diesen Eichungen finden halbjährliche, interne Funktionsprüfungen statt. Am 8. Januar 2019 stellte das KKL fest, dass die Funktionsprüfungen mehrerer mobiler Neutronendosisleistungsmessgeräte wiederholt nicht durchgeführt und fingierte Messwerte in die Prüfprotokolle eingetragen worden waren. Unmittelbar nach Erkennen der unterlassenen Funktionsprüfungen erfolgte eine vorgezogene Eichung der Geräte. Sie bestätigte die Funktionsbereitschaft der Geräte. Eine reaktive Inspektion des ENSI am 25. Januar 2019 zeigte keinerlei Mängel in den Betriebsvorgaben zur Prüfung von Messmitteln für ionisierende Strahlung. Die Inspektion bestätigte in Übereinstimmung mit der Meldung des KKL, dass die Vorgaben nicht korrekt umgesetzt worden waren. Das ENSI forderte vom KKL umfassende Abklärungen zum Ausmass der Fälschung von Prüfprotokollen und zu den potenziellen Auswirkungen auf die Messwerte der betroffenen Messgeräte. Diese Abklärungen er-

gaben, dass noch weitere Funktionsprüfungen mobiler Strahlenschutzmessgeräte unterblieben und fingierte Messwerte protokolliert worden waren. Sämtliche Verfehlungen wurden von derselben Person begangen. Das ENSI erstattete am 3. September 2019 Strafanzeige bei der Bundesanwaltschaft. Eine Kontrolle aller durch diese Person geprüften Messgeräte zeigte, dass kein Gerät zu tiefe, unterhalb des zulässigen Toleranzbereichs liegende Messwerte anzeigte. Im Weiteren war die individuelle Dosimetrie, die mit persönlichen Dosimetern vorgenommen wird, jederzeit uneingeschränkt gewährleistet. Trotz des inakzeptablen Verhaltens der fehlbaren Person war die direkte sicherheitstechnische Bedeutung des Vorkommnisses gering. Ebenso zeigte das Vorkommnis keine Mängel in den Vorgaben zur Prüfung mobiler Strahlenschutzmessgeräte. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die nicht gemäss den Vorgaben durchgeführten Funktionsprüfungen 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». Angaben zu den Ergebnissen der unter anderem aufgrund dieses Vorkommnisses verstärkten Aufsicht des ENSI im KKL finden sich im Unterkapitel 4.7.

■ Nachdem im Jahr 2017 der Lieferant von Brennelementen die Verwendung nicht spezifikationsgerechter Hüllrohre gemeldet hatte, setzte das KKL die betroffenen Brennelemente im folgenden Zyklus nicht in den Reaktor ein (siehe Seite 55 im Aufsichtsbericht 2017). In den bereits in früheren Zyklen im Reaktor eingesetzten Brennelementen waren insgesamt 16 Brennstäbe betroffen. Der Lieferant sollte diese Stäbe vom 11. Februar bis 1. März 2019 gegen sogenannte Dummstäbe austauschen. Dummystäbe bestehen aus einer Zirkoniumlegierung und enthalten keine Brennstoffpellets. Die Wartezeit von mehr als einem Jahr stellte sicher, dass zum Zeitpunkt des Austauschs keine kurzlebigen, radioaktiven Edelgas- und Iodisotope mehr in den Brennelementen vorhanden waren. Am 22. Februar 2019 gelang es bei einem Brennelement nach dem Austausch von Stäben trotz mehrerer Versuche mit den eingesetzten Werkzeugen nicht mehr, die Kopfgitterplatte aufzusetzen. Die Kopfgitterplatte besteht aus

dünnen, rechtwinklig zueinander angeordneten und als Stege bezeichneten Metallblechen. Die Kopfgitterplatte hält zusammen mit anderen Führungselementen die Brennstäbe auf ihren Positionen. Um einzelne Stäbe auszutauschen, muss die Kopfgitterplatte abgenommen und nach dem Tausch wieder aufgesetzt werden. Beim Aufsetzen der Platte ist höchste Präzision erforderlich, da alle Endstopfen der zirka 100 Brennstäbe gleichzeitig in die vorgesehenen Öffnungen der Kopfgitterplatte eintreten müssen. Nach den erfolglosen Versuchen zum Aufsetzen der Platte zeigten sich an mehreren Stegen der Platte Deformationen, die mit extra zu diesem Zweck neu angefertigtem Spezialwerkzeug behoben wurden. Nachdem zwei Dummystäbe und ein Brennstab aus dem Bereich der Deformationen entfernt und in einen für die Lagerung von Einzelstäben vorgesehenen Behälter verbracht worden waren, konnte die Kopfgitterplatte erfolgreich aufgesetzt werden. Die abschliessende Kontrolle des Brennelements zeigte keine Beschädigung von Hüllrohren. Es kam zu keiner Freisetzung radioaktiver Stoffe. Das Brennelement wurde ins Lagerbecken verbracht. Aufgrund der Abweichung von der Auslegung ist es nicht mehr im Reaktor einsetzbar. Der Lieferant leitete aus dem Vorkommnis mehrere Verbesserungsmaßnahmen ab, insbesondere die Entwicklung von Werkzeugen zur korrekten Positionierung der Endstopfen der Brennstäbe vor dem Aufsetzen der Kopfgitterplatte. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die nicht mehr gegebene Einsetzbarkeit des Brennelements infolge der Abweichung vom auslegungsgemässen Zustand 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 zur Verfügung stehenden, zur Montage der Kopfgitterplatte nicht geeigneten Werkzeuge ordnete das ENSI in gleicher Weise zu.

- Am 24. April 2019 führten sich rasch ändernde Messwerte einer Frischdampf-Druckmessung zum schnellen Schliessen der Turbineneinlassventile. Die Anlage reagierte auslegungsgemäss mit einer Reaktorschnellabschaltung. Ursache für die veränderlichen Messwerte war ein fehlerhaftes Verhalten eines Messwertumformers, der ein vom anstehenden Druck abhängiges

elektrisches Signal für die Leittechnik erzeugt. Der Dampfdruck selbst zeigte keine anomalen Schwankungen. Die mehrkanalige Regelung hält im Normalbetrieb den Dampfdruck im vorgesehenen Bereich (Sicherheitsebene 1). Sie ist zudem dafür ausgelegt, Störungen einer einzelnen Druckmessung in der Regel zu beherrschen (Sicherheitsebene 2). Der im vorliegenden Fall aufgetretene Verlauf des Drucksignals lag jedoch ausserhalb der Korrekturmöglichkeiten der Regelung. Die Reaktorschnellabschaltung, die normal verlief, beherrschte die Störung auf der Sicherheitsebene 3. Nachdem sich bereits am 20. April 2019 vorübergehende, elektronisch bedingte Schwankungen des betroffenen Messwerts gezeigt hatten und am 23. April 2019 in einem zweiten Kanal der Frischdampf-Druckmessung ein vorübergehend erhöhter Wert aufgetreten war, entschied das KKL am 25. April 2019 Elektronikarten der Messwertverarbeitung in beiden Kanälen auszutauschen. Der Austausch fand trotz der Abschaltung vom 24. April 2019 wie geplant statt. Anschliessend waren die Messwerte stabil und die Anlage nahm nach erfolgreicher Funktionsprüfung den Leistungsbetrieb wieder auf. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das Verhalten der Regelung der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente». 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.

- Beim Wiederanfahren der Anlage nach der Schnellabschaltung vom 24. April 2019 kam es am 26. April 2019 zur ungeplanten Abschaltung einer Reaktorumwälzpumpe. Die beiden Reaktorumwälzpumpen dienen zusammen mit den Steuerstäben der Leistungsregelung. Sie haben keine Bedeutung für die Beherrschung von Störfällen auf der Sicherheitsebene 3. In der ersten Phase des Anfahrens laufen die Pumpen mit niedriger Drehzahl, in der zweiten Phase mit hoher Drehzahl. Mit dem Hochschalten der Drehzahl verbunden ist auch ein Wechsel der Stromversorgung der Pumpe. Dabei wird zuerst die Stromversorgung für den Betrieb mit niedri-

ger Drehzahl weggeschaltet, dann die Versorgung für den Betrieb mit hoher Drehzahl zugeschaltet. Eine logische Verriegelung stellt sicher, dass die Zuschaltung erst dann stattfindet, wenn das Signal eines Endlagenschalters die erfolgte Wegschaltung der Versorgung für den Betrieb mit niedriger Drehzahl anzeigt. Ein Fremdkörper im Endlagenschalter führte am 26. April 2019 zum Ausfall dieses Signals. Damit konnte die Stromversorgung für den Betrieb mit hoher Drehzahl nicht zugeschaltet werden. Das führte zum Stillstand der Pumpe. Nach Austausch des Endlagenschalters funktionierte die Umschaltung wieder normal. Die Verfügbarkeit beider Reaktorumwälzpumpen war innerhalb der massgeblichen Frist der Technischen Spezifikation wieder gewährleistet. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die ungeplante Abschaltung einer Reaktorumwälzpumpe 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».

- Nachdem die Messwerte der Frischdampf-Druckmessung vorerst stabil geblieben waren, kam es am 12. Mai 2019 wiederum zu Schwankungen, gefolgt von einer Reaktorschnellabschaltung. Der Ablauf war analog zu demjenigen vom 24. April 2019. Die Abklärungen des KKL ergaben Kontaktprobleme zwischen übereinander angebrachten Elektronikplatinen des

Messumformers als Ursache für die Schwankungen des Messsignals. Diese waren im Rahmen der Prüfungen nach dem Austausch von Komponenten am 25. April 2019 nicht erkannt worden. Angesichts des nach dem Austausch stabilen Signalverlaufs gab es auch keinen Grund zur Annahme, dass damit das Problem der Instabilitäten nicht behoben gewesen wäre. Aufgrund des erneuten Vorkommnisses tauschte das KKL die Messwertumformer beider Kanäle vollständig aus und nicht nur deren Verstärkerplatinen wie am 25. April 2019. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das Verhalten der Regelung 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». Die mit dem Vorkommnis verbundene Risikohöherung ordnete das ENSI der Kategorie A (Abweichung) zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender sowie schutzzielübergreifender Bedeutung.

- Am 18. Juni 2019, während der Jahreshauptrevision, zeigte sich an einer Entleerungsleitung eine Tropfleckage. Ursache war ein schwingungsbedingter Riss in der Schweissnaht, die die Entleerungsleitung mit der Absperrarmatur verbindet. Die betroffene Entleerungsleitung ist an eine Leitung angeschlossen, die bei gewissen Störfällen der Kühlung des Brennelement-



Revisionsarbeiten  
in der Zone II.  
Bild: KKL

beckens dient. Diese Kühlung wäre selbst unter Annahme eines vollständigen Abrisses der Entleerungsleitung gewährleistet gewesen. Nach einer früheren, vergleichbaren Leckage hatte das KKL bereits eine zusätzliche Befestigung der Entleerungsleitung geplant, um die Anregung von Schwingungsresonanzen zu verhindern. Diese Resonanzen traten bei bestimmten Betriebsweisen des Brennelementbecken-Kühlsystems auf. Zum Zeitpunkt der erneuten Leckage war diese Befestigung aber noch nicht montiert. Sowohl die Reparatur der Entleerungsleitung als auch die Montage der neuen Befestigung erfolgten noch während der Jahreshauptrevision. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage an der Entleerungsleitung 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».

- Im Rahmen der Inbetriebsetzung der neuen Erregung des Notstromdiesels einer Division des Notstandsystems SEHR (Special Emergency Heat Removal System) zeigte sich bei einem Test am 21. Juni 2019 beim Start der Hauptpumpe ein unerwartet grosser Spannungseinbruch auf der 6,6-kV-Schiene. Die Hauptpumpe versorgt im Anforderungsfall den Wärmetauscher mit Kühlwasser, über den die Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktor erfolgt. Die beim Anlaufen der Pumpe auftretenden hohen Ströme führen zu einem Spannungseinbruch auf der versorgenden Schiene. Da am 21. Juni 2019 im Rahmen der Inbetriebsetzung eine Instrumentierung mit hoher Auflösung zum Einsatz kam, konnte das Ausmass des Spannungseinbruchs exakt bestimmt werden. Das wäre mit dem normalerweise für die Spannungsüberwachung eingesetzten Zeigerinstrument der Betriebsinstrumentierung nicht möglich gewesen. Der beim Test gemessene Spannungseinbruch war grösser als gemäss Technischer Spezifikation zulässig. Die nachfolgenden Abklärungen zeigten, dass die sicherheitstechnische Funktion der betroffenen Division des SEHR trotz des gemessenen Spannungseinbruchs nicht beeinträchtigt ist. Das ENSI prüfte die Abklärungen des KKL, bevor es die Freigabe zum Wiederanfahren der Anlage nach der Jahreshauptrevision erteilte. Zusätzlich verlangte das ENSI vom KKL Abklärungen, ob in den anderen vier Divisionen

der Systeme zur Wärmeabfuhr aus dem Reaktor bei Störfällen geeignete Messgeräte vorhanden sind, um Spannungseinbrüche bei Prüfungen korrekt zu erfassen, für welche die Technische Spezifikation Grenzwerte enthält. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den Spannungseinbruch auf der 6,6-kV-Schiene und die für dessen Erfassung nicht geeignete Betriebsinstrumentierung jeweils 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.

- Am 4. Juli 2019 kam es beim Wiederanfahren der Anlage nach der Jahreshauptrevision zum Ausfall des Regelventils in einem der beiden Kreisläufe der Kernumwälzung. Diese Ventile dienen der betrieblichen Regelung der Reaktorleistung auf der Sicherheitsebene 1 sowie der Verminderung der Reaktorleistung bei bestimmten Abweichungen vom Normalbetrieb auf der Sicherheitsebene 2. Eine Steigerung der Umwälzmenge erhöht die Reaktorleistung, beispielsweise beim Anfahren der Anlage. Das Öffnen und Schliessen der Ventile erfolgt hydraulisch. Zur Beherrschung von Auslegungstörfällen auf der Sicherheitsebene 3 sind sie nicht erforderlich. Jeder Kreislauf verfügt über eine Umwälzpumpe, die bei geringer Fördermenge mit tiefer Drehzahl betrieben wird, bei hoher Fördermenge mit hoher Drehzahl. Beim Anfahren der Anlage erfolgte bei einer Reaktorleistung von 36 % Nennleistung plangemäss das Umschalten von der tiefen auf die hohe Drehzahl. Damit verbunden war – wie üblich – ein vorübergehender Druckanstieg im hydraulischen Antrieb des betroffenen Regelventils. Dieser führte am 4. Juli 2019 jedoch zum Versagen einer Dichtung. Der Verlust der Hydraulikflüssigkeit wiederum hatte die Abschaltung des Ventilantriebs und auslegungsgemäss die Blockierung des Regelventils in der aktuellen Position zur Folge. Die Reaktorschnellabschaltung durch Einschiessen aller Steuerstäbe wäre im Anforderungsfall jederzeit sichergestellt gewesen. Für den Ersatz der beschädigten Dichtung musste die Anlage vorübergehend abgefahren werden. Dabei kam es zu einer verglichen mit den Vorgaben der Technischen Spezifikation erhöhten Differenz der Durchflüsse in den beiden Kreisläufen der Kernumwälzung, die innerhalb der massgeblichen Frist korrigiert

wurde. Das KKL leitete eine Ursachenanalyse zur Entstehung der Hydrauliköl-Leckage ein, die auf Verlangen des ENSI insbesondere auch menschliche und organisatorische Aspekte zu identifizieren hat. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die vorübergehend erhöhte Differenz der Durchflüsse in der Kernumwälzung der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie für die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität» und «Kühlung der Brennelemente».

- Das Reaktorwasser-Reinigungssystem (RWCU) stellt sicher, dass das Reaktorwasser die spezifizierten Anforderungen erfüllt. Eine Überwachung der Massenströme des ein- und austretenden Wassers dient dem Erkennen allfälliger Leckagen. Sie löst beim Überschreiten des zulässigen Grenzwerts eine Isolation des RWCU aus. Überwachung und Isolation sind redundant ausgeführt. Am 14. Juli 2019 zeigte sich, dass die Auslösung in einer Redundanz erst bei einem höheren als in der Technischen Spezifikation vorgegebenen Wert erfolgt wäre. Die Bestimmung der Massenströme erfolgt durch Messung der über Messblenden anstehenden, mit zunehmendem Massenstrom ansteigenden Druckdifferenzen. Dazu ist vor und nach der Messblende je eine Messleitung an die zu überwachende Leitung angeschlossen. Ein unterschiedliches Wasserniveau in den einer Messblende zugeordneten Messleitungen führte zu einer Druckdifferenz, obwohl kein Wasser die überwachte Leitung durchströmte. Die Druckdifferenz wurde ausschliesslich durch den Niveauunterschied in den Messleitungen verursacht. In der Folge zeigte die Leckageüberwachung fälschlicherweise eine negative Leckagerate im RWCU an. Damit wäre eine höhere reale Leckagerate erforderlich gewesen, bis der Messwert den Grenzwert für die Auslösung der Isolation des RWCU überschritten hätte. Nach einer Neukalibrierung der Messung war die korrekte Funktion der Isolation des RWCU wieder sichergestellt. Die redundante Isolation stand jederzeit uneingeschränkt zur Verfügung. Ursachen für die unterschiedlichen Wasserniveaus in den Messleitungen waren die besonderen Betriebsbedingungen während der Abstellung der Anlage zum Ersatz der Dichtung am Regelventil der Kernumwälzung sowie zu-

mindest ein nicht völlig gasdichtes Ventil. Die besonderen Betriebsbedingungen und das undichte Ventil führten zu einem unterschiedlich starken Ausdampfen von Wasser aus den Messleitungen. Am 14. Juli 2019 erreichte die fehlerhaft gemessene Leckagerate den Grenzwert für die Anzeige im Hauptkommandoraum. Die getroffenen Massnahmen nach Erkennen des Vorkommnisses erfolgten innerhalb der massgeblichen Fristen der Technischen Spezifikation. Nach dem Verfahren eines Ventils und einer Neubefüllung der Messleitungen zeigte die langfristige Drucküberwachung nur noch einen minimalen, in allen Messleitungen gleich grossen Druckabfall. Damit betrug die Druckdifferenz zwischen der Messleitung vor und nach der Messblende bei fehlendem Durchfluss in der überwachten Leitung wieder null. Der Fehler in der Messung der Leckagerate war behoben. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung den vorübergehend de facto erhöhten Grenzwert für die Auslösung der Isolation des RWCU der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1 und 2 sowie für die Schutzziele «Kühlung der Brennelemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe».

- Am 20. September 2019 zeigte sich an einer Entleerungsleitung in einem für eine Divisionsrevision planmässig ausser Betrieb genommenen Teil des nuklearen Zwischenkühlsystems eine minimale Leckage. Das KKL ersetzte den betroffenen Leitungsabschnitt umgehend. Das nukleare Zwischenkühlsystem führt die beim Betrieb verschiedener Komponenten der Reaktoranlage anfallende Abwärme an das Nebenkühlwassersystem ab, das die Wärme an den Rhein abgibt. Damit bildet das Zwischenkühlsystem auch eine Barriere zur Verhinderung einer Abgabe radioaktiver Stoffe an den Rhein. Das KKL leitete eine Ursachenabklärung ein, deren Ergebnisse dem ENSI einzureichen sind. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung die Leckage an der Entleerungsleitung der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebenen 1, 2 und 3 sowie für die Schutzziele «Kühlung der Brennelemente» und «Einschluss radioaktiver Stoffe».

■ Am 28. Dezember 2019 führte ein Fehler in der Turbinenüberwachung zu einer Turbinenschnellabschaltung. Ein nicht korrekt funktionierendes, zur Druckhaltung im Speisewasserbehälter benötigtes Ventil bewirkte eine kavitationsbedingt verminderte Förderleistung der Speisewasserpumpen. Das absinkende Wasserniveau im Reaktordruckbehälter löste eine Reaktorschnellabschaltung aus, die normal verlief. Die Einlassventile der Turbine des KKL werden hydraulisch betätigt. Im Normalbetrieb hält der anstehende Öldruck die Ventile offen. Im Fall eines Lastabwurfs des Generators erfolgt ein sofortiger Abbau des Öldrucks, wodurch die Einlassventile schliessen. Zur Kontrolle des korrekten Schliessens wird der Öldruck zweikanalig überwacht und gleichzeitig geprüft, ob über der Hochdruckturbine ein Druckabfall von mehr als 3,5 bar ansteht und somit weiterhin Dampf durch die Einlassventile in die Turbine gelangt. Trifft dies in einem der zwei Kanäle zu, erfolgt nach 1,5 Sekunden eine Turbinenschnellabschaltung. Die Bypassventile öffnen sich und leiten den im Reaktor erzeugten Frischdampf direkt in den Kondensator, aus dem die Wärme über den Kühlturm abgeführt wird. Ausgewählte Steuerstäbe werden zur Reduktion der Leistung in den Reaktor eingeschossen. Am 28. Dezember 2019 fiel die Öldruckmes-

sung eines Kanals aus, wodurch fälschlicherweise das Kriterium «Öldruck tief» erfüllt war. Da gleichzeitig über der im Normalbetrieb befindlichen Hochdruckturbine ein Druckabfall von mehr als 3,5 bar anstand, kam es zur Turbinenschnellabschaltung und zur Trennung des Generators vom Netz. Das externe 400-kV-Netz stand weiterhin zur Verfügung und versorgte insbesondere die Speisewasserpumpen über die Eigenbedarfstransformatoren. Das Niveau im Reaktordruckbehälter wird durch die Speisewasserpumpen gehalten. Die Förderung des Speisewassers erfolgt im KKL in zwei Stufen. Das aus dem Kondensator kommende Wasser wird durch die Kondensatpumpen in den Speisewasserbehälter gepumpt und anschliessend durch die Speisewasserpumpen in den Reaktordruckbehälter. Gleichzeitig findet die mehrstufige Vorwärmung des Speisewassers statt, die der Verbesserung des thermischen Wirkungsgrads der Anlage dient. Die Temperatur im Speisewasserbehälter beträgt gut 180 °C. Um ein Sieden des Wassers bei dieser Temperatur zu verhindern, muss der Druck über dem der Temperatur entsprechenden Siededruck liegen. Dies gilt insbesondere auf der Saugseite der Speisewasserpumpen, um Kavitation zu verhindern, bei der sich infolge lokaler Unterschreitung des Siededrucks Dampfblasen bilden. Die Dampfblasenbildung vermindert die Förderleistung der Pumpen. Zur Regelung des Drucks im Speisewasserbehälter benutzt das KKL im normalen Leistungsbetrieb aus der Turbine entnommenen Dampf. Nach Schliessen der Einlassventile der Turbine steht dieser Dampf nicht mehr zur Verfügung. In diesem Fall fährt das sogenannte Stützdampfregelventil mit einem vorgegebenen Zeitverhalten auf, um den Druck im Speisewasserbehälter durch Zufuhr von Frischdampf im Sollbereich zu halten. Am 28. Dezember 2019 fuhr das Stützdampfregelventil infolge Schwergängigkeit nicht genügend auf. Der Druck im Speisewasserbehälter sank und es kam zur Kavitation der Speisewasserpumpen, verbunden mit einer Abnahme der Förderleistung. Das Niveau im Reaktordruckbehälter verminderte sich. Beim Unterschreiten des massgeblichen Grenzwertes löste der Reaktor-schutz auslegungsgemäss eine Reaktorschnellabschaltung aus, die normal verlief. Zeitlich verzögert fuhr das schwergängige Stützdampfventil nach der Schnellabschaltung weiter auf. Damit stoppte die Kavitation der Speisewasser-

Revisionsarbeiten.  
Foto: KKL



pumpen und die Förderleistung stieg wieder an. Die Kombination von erhöhtem Stützdampfbezug, erhöhter Speisewasserzufuhr und nach der Schnellabschaltung rapide sinkender Wärmezufuhr aus den Brennelementen bewirkte einen Druckabfall im Reaktordruckbehälter. Beim Unterschreiten des massgeblichen Grenzwertes löste der Reaktorschutz auslegungsgemäss das Schliessen der Frischdampfisolationsventile aus, das normal verlief. Die Wärmeabfuhr aus dem Reaktordruckbehälter erfolgte anschliessend – wie vorgesehen – über die Sicherheitsabblaseventile und die Druckabbaukammer. Die Frischdampfisolationsventile sind den Turbineneinlassventilen vorgelagert. Sie verhindern, dass der Dampf aus dem Reaktor das Containment verlässt und ins Maschinenhaus gelangt. Damit steht der Kondensator nicht mehr für die Wärmeabfuhr zur Verfügung und die Druckhaltung im Speisewasserbehälter mittels Frischdampfzufuhr ist nicht mehr möglich. Der dadurch verursachte Druckabfall im Speisewasserbehälter führte zur Dampfbildung, gefolgt von Kondensationsschlägen in den Speisewasserleitungen, verbunden mit einer erhöhten Kräfteinwirkung auf deren Halterungen.

Aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge betrachtet lagen zwei Fehlfunktionen auf der Sicherheitsebene 2 vor, deren Auswirkungen auf der Sicherheitsebene 3 beherrscht wurden. Vor der Wiederinbetriebnahme der Anlage tauschte das KKL mehrere Komponenten der Öldrucküberwachung aus und leitete eine Ursachenabklärung ein. Als Ursache der Schwergängigkeit des Stützdampfregelventils betrachtet das KKL eine zu stark angezogene Dichtung (sogenannte Stopfbuchse). Nach dem Lösen der Dichtung und dem Wiederanziehen funktionierte das Ventil wieder normal. Die aufgetretenen Schäden im Bereich der Halterungen der Speisewasserleitungen behob das KKL ebenfalls vor dem Wiederanfahren. Das ENSI verlangte vom KKL zusätzliche, vertiefte Abklärungen der Ursachen des Fehlverhaltens der Öldrucküberwachung und des Stützdampfregelventils. Darüber hinaus forderte das ENSI zusätzliche Abklärungen zu den aufgetretenen Belastungen im Speisewassersystem und deren möglichen Auswirkungen. Das ENSI ordnete im Rahmen der systematischen Sicherheitsbewertung das Fehlverhalten der Öldrucküberwachung der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als

Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 2 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente». Des Weiteren ordnete das ENSI das nicht korrekte Auffahren des Stützdampfregelventils der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 2 sowie für das Schutzziel «Kühlung der Brennelemente». Ebenso ordnete das ENSI die Kavitation im Speisewassersystem der Kategorie A (Abweichung) der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit Bedeutung für die Sicherheitsebene 2 sowie für die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität» und «Kühlung der Brennelemente». Die mit dem Vorkommnis verbundene Risikoerhöhung ordnete das ENSI der Kategorie A (Abweichung) zu – als Aspekt des Zustands und Verhaltens der Anlage mit ebenen- oder barrierenübergreifender 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.

## 4.3 Anlagentechnik

### 4.3.1 Revisionsarbeiten

Die Jahreshauptrevision dauerte vom 3. Juni bis 3. Juli 2019. 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.

Besonders erwähnt seien folgende Arbeiten:

- Die qualifizierten Ultraschallprüfungen an Misch- und Anschlusschweissnähten des Reaktordruckbehälters zeigten keine neuen Befunde und keine Veränderungen im Vergleich zu früheren Prüfungen.
- Die manuellen Ultraschallprüfungen an 21 ferritischen Schweissnähten sicherheitstechnisch klassierter Rohrleitungen ergaben eine bewertungspflichtige Anzeige. Die Analyse zeigte, dass sie gemäss der massgeblichen Bauvorschrift zulässig ist.

- Die qualifizierten Wanddickenmessungen an fünf Rohrleitungsabschnitten des Speisewassersystems ergaben keine Unterschreitungen der zulässigen Mindestwandstärken.
- Die Summe der gemessenen Leckageraten an Containment-Durchdringungen und an Containment-Abschlussarmaturen lagen im Bereich von 10 % der Limite der Technischen Spezifikation.
- Turnusgemäss erfolgte der Austausch eines Notstromdiesels gegen einen extern überholten Diesel.
- Einer der drei Eigenbedarfstransformatoren wurden gegen einen revidierten, baugleichen Transformator ausgetauscht.
- An der Hochdruckturbine erfolgte eine Totalrevision.
- In mehreren Gebäuden führte das KKL die bautechnischen Hauptinspektionen gemäss Alterungsüberwachungsprogramm durch. Es zeigten sich keine Abweichungen vom Sollzustand.

#### 4.3.2 Anlageänderungen

Folgende Anlageänderungen seien erwähnt:

- Zur Verhinderung der Knallgasbildung bei Störfällen mit Wasserstofffreisetzung installierte das KKL passive autokatalytische Rekombinatoren. Die laufende Rekombination von Wasserstoff und Sauerstoff reduziert den Anstieg der Wasserstoffkonzentration in der Containmentatmosphäre.
- Der 0,4-kV-Leistungsschalter einer der beiden Grundwasserpumpen des SEHR wurde durch einen Schalter eines neuen Typs ersetzt. Die Leistungsschalter hatten in der Vergangenheit die Verfügbarkeit der Grundwasserpumpen beeinträchtigt (siehe Seite 66 im Aufsichtsbericht 2015). Der Ersatz des Leistungsschalters der zweiten Grundwasserpumpe ist in Planung.

#### 4.3.3 Reaktorkern, Brennelemente und Steuerelemente

Der Reaktor wurde im Berichtszeitraum planmässig bis zur Abstellung zur Jahreshauptrevision im Juni 2019 betrieben.

Der Reaktor wurde im Berichtszeitraum mit Einschränkungen des Betriebskennfeldes betrieben, um ein Wiederholen von lokalen Ablagerungen an Brennstäben auszuschliessen. Diese Begrenzungen waren auf der Basis der Inspektionsergebnisse und deren sicherheitstechnischer Bewertung

während der Jahreshauptrevision 2016 festgelegt worden. Während der Jahreshauptrevisionen 2017, 2018 und 2019 wurden Inspektionen an den Brennelementen durchgeführt, um die Wirksamkeit der genannten Massnahmen zu untermauern. Es zeigte sich, dass die Begrenzung des Kerndurchsatzes und der Brennelementleistung bei frischen Brennelementen eines bestimmten Typs geeignete Massnahmen zur Vermeidung der lokalen Ablagerungen sind. Das Erscheinungsbild und die Messergebnisse aller Brennelemente waren im erwarteten Bereich und bestätigten damit das auslegungsgemässe Verhalten. Sie können weiter im Reaktor eingesetzt werden.

Für den laufenden Betriebszyklus lud das KKL 108 frische Brennelemente eines Typs nach, der in der Vergangenheit nicht von den Ablagerungen betroffen war. Aufgrund der früheren Befunde wurden vorsorglich betriebliche Begrenzungen für den Kühlmitteldurchsatz und die Leistung für Brennelemente eines bestimmten Typs in ihrem zweiten Einsatzzyklus berücksichtigt. Für die frischen Brennelemente des nicht betroffenen Typs wurde die Begrenzung des Kühlmitteldurchsatzes vorsorglich beibehalten.

Die Nachweis der Integrität der Steuerstäbe erfolgte anhand steter Analysen der Wasserchemie. Da vier Steuerstäbe während des laufenden Zyklus ihren Endabbrand erreicht hätten, fand ein vorsorglicher Austausch statt.

Die durchgeführten Inspektionen sowie die Daten der Kernüberwachung bestätigten, dass im Berichtszeitraum keine Brennelementeschäden aufgetreten waren. Die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe war jederzeit gewährleistet.

Im Berichtszeitraum 2019 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.

## 4.4 Strahlenschutz

Im Berichtsjahr verzeichnete das KKL eine Kollektivdosis von 1281 Pers.-mSv. Die höchste Individualdosis betrug 8,8mSv. Alle Individualdosen lagen somit unter dem Dosisgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen von 20mSv pro Jahr.

Es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die sich nicht mit einfachen Mitteln entfernen liessen. Im Berichtsjahr gab es keine Hinweise auf Brennelementschäden. Die Betreiberin prognostizierte für die gesamte Jahreshauptrevision eine Dosis von 912 Pers.-mSv. Tatsächlich wurde mit den elektronischen Dosimetern eine Kollektivdosis von 925 Pers.-mSv gemessen. Sie lag damit innerhalb der Planungsungenauigkeit von  $\pm 20\%$ .

Der radiologische Zustand im Primärteil der Anlage veränderte sich im Vergleich zum Vorjahr nicht wesentlich.

Das KKL wurde im Berichtsjahr bezüglich Strahlenschutz intensiver beaufsichtigt als in den Vorjahren. Das ENSI stellte fest, dass das KKL seine Strahlenschutzorganisation und deren Prozesse kontinuierlich verbessert hat. Die radiologische Überwachung des Personals und der Anlage waren jederzeit gewährleistet.

Das ENSI überzeugte sich an mehreren Inspektionen davon, dass das KKL einen konsequenten und gesetzeskonformen Strahlenschutz praktizierte. Der Personalbestand im Strahlenschutz war ausreichend.

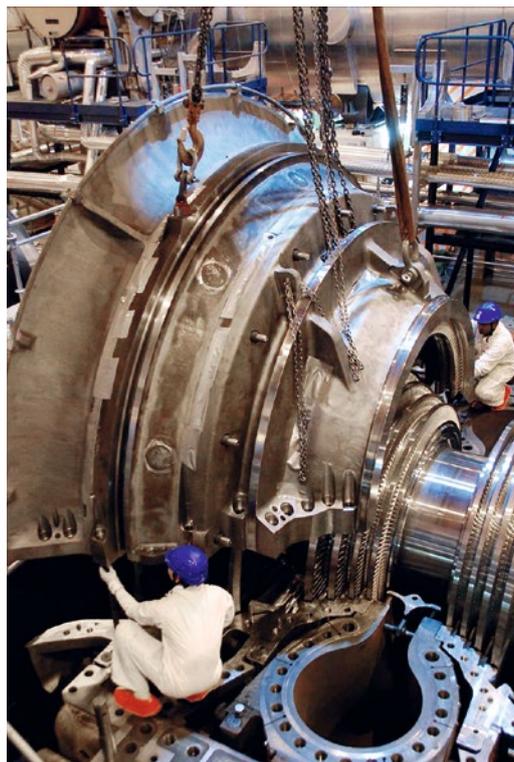
Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Abgabelimiten. Die gleiche Aussage gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser ohne Tritium. Die Tritiumabgaben des KKL betragen rund 4% der 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 berechneten Dosen betragen rund 0,002 mSv für Erwachsene und für Zehnjährige sowie 0,004 mSv für Kleinkinder. Sie 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 Kraft-

werksareals angebracht sind, zeigten mit einem Höchstwert von 1,2 mSv im Jahr 2019 einen mit dem Vorjahr vergleichbaren Wert. Das ENSI führte quartalsweise Kontrollmessungen an der Umzäunung des KKL durch, die ebenfalls keine signifikanten Veränderungen zeigten. Die Messungen 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 2019 des ENSI verwiesen.

#### 4.5 Radioaktive Abfälle

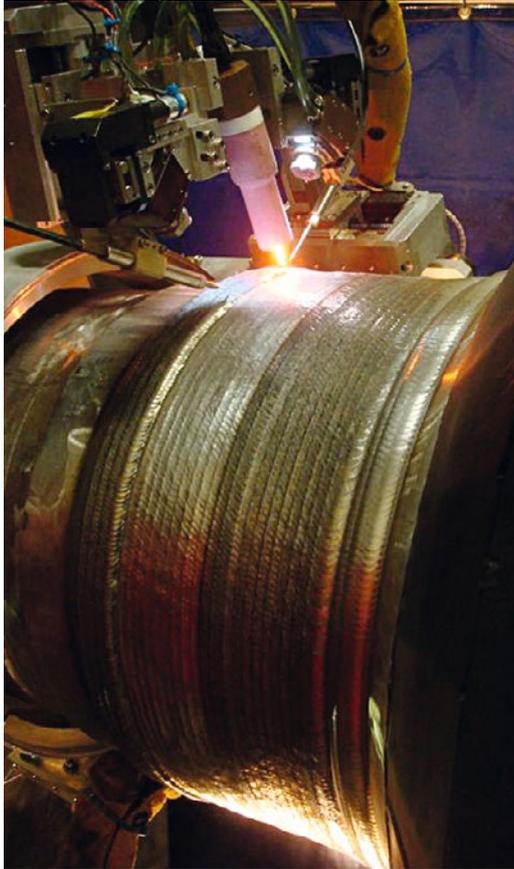
Radioaktive Rohabfälle fallen im KKL regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstungs-massnahmen und von den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Im Berichtsjahr fielen 55 m<sup>3</sup> radioaktive Rohabfälle an (siehe Tabelle 6). Die Menge entsprach den Erwartungen aufgrund der durchgeführten Arbeiten.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend



Arbeiten am  
Schaufelträgergehäuse  
einer Turbine.  
Foto: KKL

Reparatur einer  
Schweissnaht.  
Foto: KKL



zwischengelagert. Das KKL bewahrt die unkonditionierten Abfälle in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone auf. Ihr Bestand liegt mit 5 m<sup>3</sup> im Erfahrungsbereich der vergangenen Jahre. Brennbar und weitere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in die 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 50 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 Abfallgebinden dorthin transferiert. Bei der jährlichen Inspektion des Lagergutes 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 19,2t 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 drei Transporte mit je 69 Brennelementen statt. Weitere Angaben zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente finden sich im Kapitel 8.

## 4.6 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI beobachtete und beurteilte im Mai 2019 an der Werksnotfallübung DAMPF die Notfallorganisation des KKL. Das Übungsszenario unterstellte den Bruch der Messleitung eines Transmitters und eine dadurch entstehende, nicht absperbare Dampfleckage. Der aufgrund des Leitungsbruchs nicht korrekt funktionierende Transmitter führte zu automatischen Initialisierungen von Signalen. Durch die unterstellten Wartungs- und Revisionsarbeiten gab es Einschränkungen, wie zum Beispiel ein spezieller Lüftungsbetrieb aufgrund einer Revision an der Containment-Lüftung oder die Änderung eines Fluchtwegs wegen einer Revision an der Containment-Schleuse. Die Dampfleckage führte zum Temperatur- und Druckaufbau innerhalb des Containments. Durch die rasch ansteigende Containment-Temperatur musste die Anlage abgefahren werden. Während des Druckabbaus brachen einige Brennelement-Hüllrohre auf und setzten Aktivität frei, die ins Containment gelangte. Wegen der speziellen Lüftungsverhältnisse kam es zu einer Aktivitätsverschleppung ins Brennelementlager. Die Räumung des Containments war durch die eingeschränkte Nutzbarkeit der Fluchtwege in Kombination mit der radiologischen Lage erschwert.

Das KKL stufte das Ereignis korrekt ein und meldete es dem ENSI zeitgerecht. Aufgrund seiner Beobachtungen kam das ENSI zum Schluss, dass das KKL die vorgegebenen Übungsziele für Werks-

notfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreichte. Das KKL verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im November 2019 zeigte, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit waren.

Ferner löste das ENSI ohne Voranmeldung im November 2019 einen Übungsalarm im KKL aus, der die Verfügbarkeit des Werksnotfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigte.

## 4.7 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr reduzierte sich der Personalbestand des KKL weiter auf 497 Personen, welche 489 Vollzeitstellen besetzten (Ende 2018: 509). Der Personalrückgang ist insbesondere auf die Umsetzung der Zielvorgaben der geschäftsführenden AXPO Power AG im Hinblick auf die geplante Reduktion des Personalbestandes bis 2022 zurückzuführen. Das ENSI wird die Umsetzung der geplanten Personalreduktion und die organisatorischen Anpassungen im Rahmen seiner Aufsicht kritisch begleiten.

Per 1. Januar 2020 wechselte die Gruppe «Auswertung Betriebserfahrung» des Ressorts «Support und Sicherheit» der Abteilung «Support, Sicherheit und Technik» zur neuen Stabsstelle «Auswertung Betriebserfahrung» in der KKL-Direktion. Ziel dieser Organisationsänderung ist es gemäss KKL, dem Lernen aus Betriebserfahrung einen höheren Stellenwert einzuräumen. Ebenfalls per 1. Januar 2020 beauftragte das KKL im Rahmen eines Service-Level-Agreements die Axpo Services AG mit der Ausführung gewisser Dienstleistungen im Personalwesen, wie beispielsweise mit der Rekrutierung von qualifiziertem Fachpersonal. KKL-intern wird die neue Schnittstelle durch das Ressort Personal betreut. Das ENSI gab die organisatorischen Änderungen im Kraftwerksreglement frei mit dem Hinweis, dass die Risiken eines Know-how-Abflusses soweit wie möglich zu minimieren sind. Das ENSI wird die Umsetzung der Neuerungen im Rahmen seiner Aufsicht weiterhin begleiten.

Aufgrund der Häufung von Vorkommnissen mit wesentlichen Ursachen im Bereich Mensch und Organisation startete das ENSI bereits im Jahr 2015 einen entsprechenden Aufsichtsschwerpunkt und begleitete die Umsetzung der durch das KKL identifizierten Massnahmen eng. Aufgrund einer er-

neuten Häufung von Vorkommnissen mit Ursachen im Bereich Mensch und Organisation im Jahr 2018 sowie des Vorkommnisses vom 8. Januar 2019 (Dosisleistungsmessgeräte, siehe Unterkapitel 4.2) verstärkte das ENSI seine Aufsicht nochmals. Diese richtet sich insbesondere auf die konsequente Umsetzung und die Wirksamkeitskontrolle der vom KKL identifizierten Massnahmen in den Bereichen: Führung, Einstellung und Verhalten, Know-how und Know-why sowie Organisation und Prozesse. Ebenfalls in den Fokus der Aufsicht gerückt sind die Verbesserungsmassnahmen bei der Betriebsführung auf den Sicherheitsebenen 1 und 2.

Das Managementsystem besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2015.

Es wurde im Jahr 2019 rezertifiziert. Das ENSI führte im Berichtsjahr eine Inspektion im Bereich des Managementsystems zum Thema Qualitätssicherung bei wiederkehrenden Funktionsprüfungen und zu deren Einbindung in das Betriebsführungssystem durch. Gegenstand waren die Prüfvorschriften, die Qualifizierung des Prüfpersonals, die Prüfaufsicht und Bewertung der Prüfungsergebnisse. Das KKL zeigte im Rahmen dieser Inspektion Fortschritte bei der Umsetzung der organisatorischen Verbesserungsmassnahmen für die wiederkehrenden Prüfungen im Bereich der Strahlenmessgeräte nach dem Vorkommnis vom 8. Januar 2019 (Dosisleistungsmessgeräte, siehe Unterkapitel 4.2) auf. Das ENSI beurteilte die organisatorischen Verbesserungsmassnahmen als zielführend und zeigte sich mit dem Umsetzungsstand zufrieden. Es stellte an einer Inspektion der Dokumentation zur Beschaffung mechanischer Komponenten beim systematischen Monitoring des Regelwerks im Managementsystem Verbesserungsbedarf fest, zum Beispiel bei der Berücksichtigung von Änderungen einer ENSI-Richtlinie. Bezüglich der Umsetzung einer Forderung aus der Inspektion zum Managementsystem aus dem Jahr 2018 wurde weiterer Verbesserungsbedarf hinsichtlich der vollständigen Erfassung wiederkehrender Arbeiten im Betriebsführungssystem identifiziert. Das ENSI stellte eine entsprechende Forderung zur Bereinigung der Differenzen.

Im Berichtsjahr legten zwei Pikettingenieure, zwei Schichtchefs sowie vier Reaktoroperateure ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und

zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator und besteht in einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse. Vier Reaktoroperateure haben im Rahmen ihrer Ausbildung zum Techniker HF, Fachrichtung Grossanlagenbetrieb im Berichtsjahr die dafür erforderlichen kerntechnischen Grundlagen erworben. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI führte eine Inspektion zur Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2018 und der Planung des Ausbildungsprogramms 2019 der Abteilung Betrieb durch. Gegenstand der Inspektion waren die anlagenspezifische Grundausbildung, die Wiederholungsschulung am Simulator, die allgemeine Wiederholungsschulung sowie deren Änderungen und Neuerungen. Ferner wurde die Ausbildung des Personals der Abteilung Elektrotechnik auf Einhaltung der Vorgaben der Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) und der Richtlinie ENSI-B10 überprüft. Die Ausbildungsprogramme in den inspizierten Bereichen erfüllten die Anforderungen. Trotzdem wies das ENSI darauf hin, dass das KKL der Wirksamkeit von Schulungsmassnahmen und damit dem Praxistransfer vermehrt Beachtung zu schenken hat, insbesondere hinsichtlich der «High Performance Organisation»-Schulungen und Simulatortrainings.

#### 4.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Das ENSI veröffentlichte im Berichtsjahr seine Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung des KKL. In seiner Stellungnahme kam es zum Schluss, dass das KKL die Anforderungen an das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge erfüllt. Die Vorsorgemassnahmen auf den verschiedenen Sicherheitsebenen wurden grundsätzlich als ausreichend bewertet.

Um das Sicherheitsniveau weiterhin zu erhöhen, stellte das ENSI insgesamt 35 Forderungen. Unter anderem hat das KKL unter Berücksichtigung des Zusammenwirkens von Mensch, Technik und Organisation einen Bericht einzureichen, der aufzeigt, dass die eingeleiteten Massnahmen bezüglich der folgenden Schwerpunktthemen auf gesamtorganisationaler Ebene die gewünschte Wirkung zeigen: Stärkung der Verantwortung der Führung, Intensivierung der Trainings und Schu-

lung zu den KKL-Standards, Anpassung der Prozesse und Überprüfung der Arbeitspapiere.

Mehrere Forderungen des ENSI betreffen die deterministischen Sicherheitsanalysen. Die Forderungen beziehen sich insbesondere auf die systematische Überprüfung der Einhaltung des aktuellen Regelwerks sowie die entsprechende Dokumentation.

Den Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb muss das KKL bis Ende 2022, zwei Jahre vor dem 40. Betriebsjahr, dem ENSI zur Überprüfung einreichen.

#### 4.9 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2019 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Erläuterungen zur Sicherheitsbewertung) beschriebenen System sämtliche Inspektionsgegenstände, Ergebnisse von Zulassungsprüfungen, Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen und

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

Sicherheitsbewertung 2019 KKL: Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge  
Bewertungen bezüglich Transporten zu und von den Kernkraftwerken werden im Text behandelt, aber für die anlagenspezifische Gesamtbewertung nicht berücksichtigt.

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

Sicherheitsbewertung 2019 KKL: Schutzziel-Perspektive  
Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge, aber mit zusätzlicher Darstellung radiologischer Auswirkungen

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

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

Zusammenfassend kommt das ENSI zu folgenden Gesamtbewertungen:

#### **Auslegungsvorgaben**

Bei der Beurteilung der Auslegungsvorgaben hat das ENSI Erkenntnisse aus der letzten Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) sowie aus dem EU-Stresstest herangezogen und dabei die Auslegung der Anlage bezüglich Redundanzgrad, Diversität, räumlicher Separation und Robustheit gegen auslösende Ereignisse bewertet. Da die Auslegungsvorgaben des KKL die Minimalanforderungen und den Stand ausländischer Anlagen desselben Typs übertreffen und keine Bewertungen der Kategorie A und höher vorliegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich der Auslegungsvorgaben als hoch.

#### **Betriebsvorgaben**

Das ENSI beurteilt die im Unterkapitel 4.2 genannten 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 KKL hinsichtlich der Betriebsvorgaben als gut.

#### **Zustand und Verhalten der Anlage**

Das ENSI beurteilt die im Unterkapitel 4.2 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 4.2 beschriebenen Abweichungen im Bereich von Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation als Abweichungen mit einer geringen Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Weil Bewertungen der Kategorie A unterhalb der internationalen Ereignisskala INES liegen, bewertet das ENSI die Sicherheit des KKL hinsichtlich des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation als gut.





Zentrales  
Zwischenlager  
Würenlingen.  
Foto: Zwiilag

## 5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen

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

### 5.1 Zwischenlagergebäude

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

Lager). Zum Zwischenlager gehören auch das Empfangsgebäude und die Heisse Zelle.

Im HAA-Lager wurden im Berichtsjahr drei Transport- und Lagerbehälter (TL-Behälter) mit jeweils 69 abgebrannten Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Leibstadt eingelagert. Ferner wurden im Rahmen einer Brennelement-Shuttelkampagne mit zehn Transporten 69 abgebrannte Brennelemente aus dem Kernkraftwerk Mühleberg ins ZZL angeliefert. Als Transportbehälter dienen wie bisher zwei Shuttlebehälter des Typs TN9/4. Die Shuttlebehälter wurden in der Heissen Zelle fernbedient geöffnet und die Brennelemente in einen TL-Behälter des Typs TN24BH umgeladen.

Das ENSI prüfte die entsprechenden Einlagerungsanträge und gab die Einlagerung frei. Ende 2019 betrug der Lagerbestand im HAA-Lager 69 TL-Behälter, davon elf CASTOR®- und zwölf TN-Behälter mit insgesamt 632 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen, 45 TL-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 2019 rund 34%. Neben den erwähnten TL-Behältern mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen befinden sich in der Behälterlagerhalle seit September 2003 auch die sechs Grossbehälter mit Stilllegungsabfällen aus dem ehemaligen Versuchsatomkraftwerk Lucens.

Im MAA-Lager wurden im Berichtsjahr 467 schwachaktive endkonditionierte Gebinde eingelagert. Ende 2019 betrug die Ausnutzung des MAA-Lagers rund 46%.

Die Ausbauarbeiten für die Inbetriebnahme des Gebäudes S als SAA- und MAA-Lager wurden Ende 2019 abgeschlossen. Die Zwiilag plant, ab Mitte 2020 das Gebäude S für die Lagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen zu nutzen, so wie es die aktuelle Betriebsbewilligung des Bundesrates vorsieht. Dafür ist noch eine Betriebsfreigabe des ENSI erforderlich.

## 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, werden hier der Konditionierung beziehungsweise der Dekontaminierung 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 28,1 t Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 als inaktiv freigesessen.

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

Empfangshalle E.  
Foto: Zwiilag



planmässig, was sich in der spezifikationsgerechten Verarbeitung von 665 Abfallfässern und 1200 Liter Flüssigabfällen zu 142 konditionierten Gebinden ausdrückte.

## 5.4 Strahlenschutz

Im Berichtsjahr akkumulierten 212 beruflich strahlenexponierte Personen eine Kollektivdosis von 19,3 Pers.-mSv. Sie lag damit bei 76 % des für das Berichtsjahr geplanten Wertes von 25,5 Pers.-mSv. Für einige Arbeiten waren die Dosen höher geplant worden, weil sie schwer vorzusagen waren. Teilweise fiel der Arbeitsumfang geringer aus als erwartet. Werden dann noch gemäss Artikel 32 Absatz 2 der Dosimetrieverordnung Messwerte unterhalb 0,075 mSv abgerundet, kann sich eine Diskrepanz zur Planungsdosis ergeben. Die höchste registrierte Einzeldosis betrug 1,6 mSv (2018: 2,6 mSv). Im Berichtsjahr wurden weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen festgestellt. Die durch den Strahlenschutz regelmässig erhobenen Proben lieferten keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen auf den Oberflächen oder in der Atemluft. Zu den strahlenschutzrelevanten Arbeiten im Berichtsjahr mit signifikanten Beiträgen zur Kollektivdosis zählten unter anderem die Arbeiten an der Ausmauerung der Plasma-Anlage, die Instandhaltungsarbeiten im Gebäude V, der Service für die Rauchgasreinigung und die interne Wasseraufbereitung, der Behälterempfang, der Verbrennungsbetrieb sowie die Arbeiten im Gebäude H und an den Transport- und Lagerbehältern.

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 Zwilag 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. Diese zeigten ebenfalls keine signifikanten Veränderungen. Die Messungen des Betreibers und des ENSI gaben keinen Hinweis auf eine Verletzung der nach Artikel 79 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Betriebsareals von 0,02 mSv pro Woche für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 0,1 mSv pro Woche für andere Bereiche.

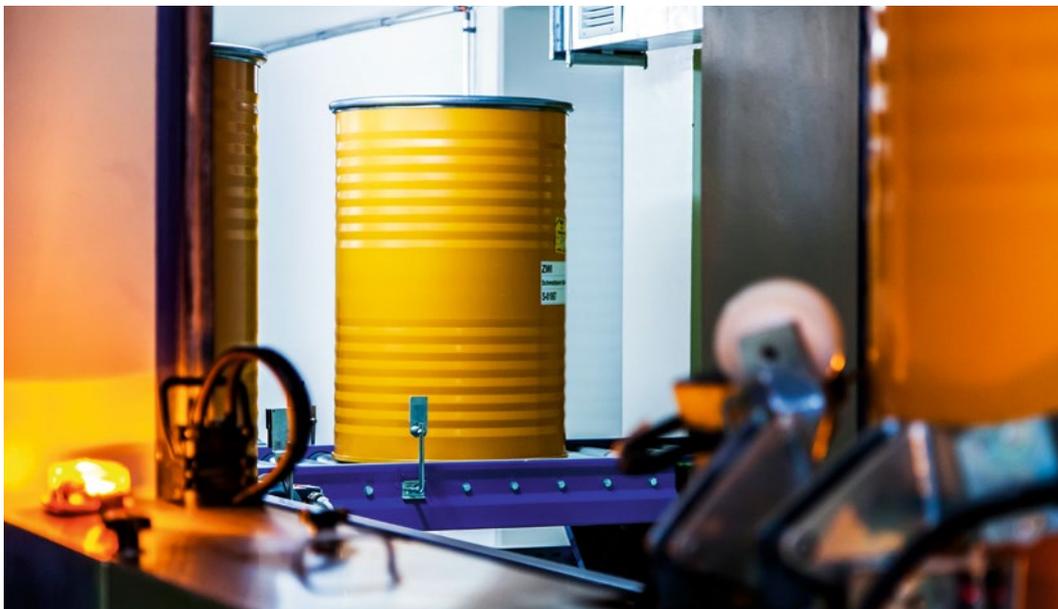
Die Tätigkeiten in den Anlagen des ZZL wurden unter Einhaltung der gesetzlichen und internen Strahlenschutzvorgaben durchgeführt. Die Ergebnisse der Inspektionen bestätigen, dass das ZZL einen konsequenten und gesetzeskonformen Strahlenschutz praktizierte. Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des gemeinsamen Standortes des PSI und ZZL wird auf den Strahlenschutzbericht 2019 des ENSI verwiesen.

## 5.5 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI beobachtete und beurteilte im Juni 2019 an der Werksnotfallübung ARBORIO die Notfallorganisation der Zwilag. Der Übung wurde ein Szenario zugrunde gelegt, welches gemäss Notfallschutzverordnung Schutzmassnahmen in der speziellen Gefährdungszone des PSI und ZZL notwendig machte. Unterstellt wurde der Absturz eines Forschungsatelliten namens Arborio auf ein Gebäude des ZZL. Das Ereignis wurde als Notfall identifiziert und als solchen entsprechend behandelt. Der Satelliteneinschlag hatte starke Beschädigungen am Gebäude K zur Folge. Ebenso wurden Personen verletzt. Neben der Brandbekämpfung und der Suche und Bergung von Personen spielte die potenzielle Freisetzung von Radioaktivität eine wichtige Rolle.

Die Zwilag stufte das Ereignis korrekt ein und meldete es dem ENSI zeitgerecht. Aufgrund seiner Übungsbeobachtungen kam das ENSI



zum Schluss, dass die Zwiilag die vorgegebenen Übungsziele für Werksnotfallübungen gemäss der Richtlinie ENSI-B11 erreichte. Die Zwiilag verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Ferner löste das ENSI im November 2019 ohne Voranmeldung einen Übungsalarm in der Zwiilag aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werksnotfallstabes innerhalb der zeitlichen Vorgaben gemäss der Richtlinie ENSI-B11 bestätigt wurde.

## 5.6 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr nahm die Zwiilag keine grösseren organisatorischen Änderungen vor. Die Anzahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erhöhte sich gegenüber dem Vorjahr um eine Person auf 86 Personen, welche 82 Vollzeitstellen besetzen.

Das Managementsystem der Zwiilag besitzt eine gültige Zertifizierung gemäss der Norm DIN EN ISO 9001:2015. Die Rezertifizierung fand im Jahr 2018 statt. Das ENSI führte 2019 eine Inspektion im Bereich des Managementsystems mit dem Schwerpunktthema Qualitätssicherung bei wiederkehrenden Prüfungen durch. Es überprüfte, ob und wie die Regelungen zu den wiederkehrenden Prüfungen im Managementsystem die zugehörigen Vorgaben der Kernenergieverordnung sowie der Richtlinien ENSI-B10 und ENSI-G07 erfüllen. Die entsprechenden Anforderungen wurden erfüllt.

Im Berichtsjahr führte das ENSI mit der Zwiilag zum zweiten Mal ein Fachgespräch zum Dialog über Sicherheitskultur. Thema war die Verantwor-

tung für die Sicherheit. Ziel des Gesprächs war es, Reflexionsprozesse über die Verantwortungsthematik anzustossen. Das Fachgespräch wurde als offener Dialog geführt, gemäss dem Bericht ENSI-AN-8708 «Aufsicht über die Sicherheitskultur von Kernanlagen». Dementsprechend erfolgte von Seiten des ENSI keine Bewertung der Sicherheitskultur.

## 5.7 Vorkommnisse

Im Berichtsjahr wurde ein Vorkommnis gemäss der Richtlinie ENSI-B03 gemeldet. Bei der Überprüfung der Datenkonsistenz von zirka 2800 Einzelgebunden wurden bei mehreren hundert Gebunden Verletzungen von garantierten Parametern der Materialzusammensetzung festgestellt. Das Vorkommnis wurde der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet.

## 5.8 Gesamtbeurteilung

Das ENSI kam zum Schluss, dass die Zwiilag die verschiedenen Anlagen des Zentralen Zwischenlagers 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. Das Managementsystem, die Qualifikation und die Kapazität des Personals sowie der Zustand der verschiedenen Anlagen bewiesen eine hohe Qualität und Zuverlässigkeit.



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. Durch Grundlagenforschung und angewandte Forschung sucht das PSI Antworten auf zentrale Fragen aus Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft. 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 radio-

logischen Auswirkungen auf das Personal. Die Sicherheit und somit der Schutz von Mensch und Umwelt waren stets gewährleistet.

### 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 Zelle. Darunter fallen flüssige Abfälle, die bei der Brennstoff-Analytik anfallen, und die Aktinide

sowie Spalt- und Aktivierungsprodukte enthalten. Zur Verfestigung dieser flüssigen radioaktiven Abfälle nahm das PSI im Jahr 2013 die Fixbox-3-Anlage in Betrieb. Gegen Ende der Berichtsperiode schloss das PSI die Typenprüfung ab. Die zum routinemässigen Betrieb dieser Anlage erforderliche Typengenehmigung muss das PSI bis Ende März 2020 beim ENSI beantragen.

Bei der Brennstoffanalytik fallen im Hotlabor auch feste bestrahlte Kernbrennstoff- und Strukturmaterialabfälle an. Diese Abfälle werden hochdruckverpresst und in Stahlzylinder verpackt. Die im Jahr 2015 initiierte Erneuerung der diesbezüglichen Einrichtungen im Hotlabor ist abgeschlossen. Das PSI beantragte per Ende 2019 die für diese Abfallgebäude erforderliche neue Typengenehmigung. Das ENSI wies die Direktion des PSI 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 780 m<sup>3</sup> Abwasser behandelt und kontrolliert an die Kontrollkammer des PSI-Ost abgegeben (Vorjahr: 836 m<sup>3</sup>).

Ferner nahm das PSI im Berichtsjahr diverse Nachrüstungen vor und mass rund 1,7 t Material aus dem Hotlabor gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 frei (Vorjahr: 6,5 t).

In der Berichtsperiode gab es im Hotlabor ein meldepflichtiges Vorkommnis (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).

### 6.2.1 SAPHIR

Die Anlage SAPHIR kann aufgrund der Ergebnisse einer radiologischen Charakterisierung als kontaminationsfrei eingestuft werden. Das PSI erstellt ein Konzept, um die Räume und das Gebäude freizumessen. Zur Erprobung des Freimessverfahrens wurden die Reaktorhalle sowie die angrenzenden Räume vollständig ausgeräumt. Aufgrund der hohen natürlichen Radonkonzentration im Gebäude beurteilt das PSI eine Freimessung als anspruchsvoll. Die durchschnittliche Radon-Luftkonzentration konnte durch verschiedene Massnahmen etwa um einen Faktor 5 abgesenkt werden, wodurch das Freimessen erleichtert wird. Nach der Senkung 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. Der Zustand der Anlage entspricht dem Sollzustand.

Die Versuche zur Entfernung von PCB-Anstrichen mit verschiedenen Abtragverfahren im SAPHIR-Gebäude werden vom PSI ausgewertet, um das vorteilhafteste Verfahren auszuwählen.

Im Berichtsjahr wurden 1,7 t Abfälle freigemessen.

### 6.2.2 DIORIT

Das PSI nahm am DIORIT-Reaktor weitere Rückbauarbeiten vor. Es wurden noch vorhandene Leitungen, Schächte und Durchführungen entfernt mit dem Ziel, die Anlage in einen kontaminationsfreien Zustand zu bringen. Das PSI baute im Berichtszeitraum mit einer Kernbohrung 14 sogenannte Kühlluftrohre aus dem Reaktorhallenboden aus, trennte sie vom umgebenden Beton und dekontaminierte sie erfolgreich.

In einem hierfür bestimmten Raum fanden weitere Dekontaminationsarbeiten an Abfällen statt. Zudem lagern im DIORIT noch etwa 1,4 t Aluminium-Stilllegungsabfälle aus dem Rückbau der

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

Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT. Das PSI assistierte die Inbetriebnahme der für die Konditionierung der Aluminium-Stilllegungsabfälle vorgesehenen Schmelzanlage. Das PSI sieht vor, diese Abfälle künftig im Rahmen der Annahmekriterien seinen brennbaren Abfällen beizumischen und über die Plasmaanlage in der Zwiilag zu entsorgen. In Berichtsjahr wurden zwei KC-T12/30-Container mit radioaktiven Abfällen aus dem PSI-West sowie drei KC-T12-Container mit VVA-Rückbauabfällen aus der Betonierungsanlage im DIORIT mit Zementmörtel verfüllt.

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. Der Zustand der Anlage entsprach dem Sollzustand. 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.

### 6.2.3 PROTEUS

Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) hatte am 21. Dezember 2017 die Stilllegungsverfügung für den ehemaligen Forschungsreaktor PROTEUS erlassen. Das PSI reichte im Berichtszeitraum die Gesuchsunterlagen für die freigabepflichtige Stilllegungsphase 1 ein. Das ENSI erteilte die entsprechende Freigabe im dritten Quartal des Berichtsjahrs.

Im Hinblick auf die Rückbauphase 1 nahm das PSI die Entfernung des Kernbrennstoffs aus dem Reaktorraum vor. Das PSI nahm unter anderem diverse Grafitproben sowie Kernbohrungen im Beton vor. Die Proben wurden ausgewertet und dienen als Grundlage zur Freimessung des Grafits und der Betonblöcke, die im Zuge des Rückbaus demontiert werden.

Das PSI mass im Berichtsjahr rund 5,1 t an Material und Gegenstände aus dem PROTEUS frei und führte sie dem Wertstoffkreislauf zu.

Der Unterhalt an Gebäude und Anlagen sowie Funktionsprüfungen an den Infrastrukturanlagen und Kalibrierungen an den Messgeräten wurden gemäss den Vorgaben durchgeführt. Der Zustand der Anlage entsprach dem Sollzustand.

In der Berichtsperiode gab es im PROTEUS ein meldepflichtiges Vorkommnis (siehe Unterkapitel 6.7).

### 6.2.4 Versuchsverbrennungsanlage

Das PSI schloss den Rückbau des Verbrennungsofens (Teilschritt 2) im Berichtsjahr ab. Der Ausbau der Schamottsteine (rund 9 m<sup>3</sup>) und deren Vorkonditionierung mussten zum Teil unter erschwerten Bedingungen (radioaktiv belasteter Asbest-Bereich) ausgeführt werden. Im Berichtsjahr endkonditionierte das PSI drei KC-T12-Container mit vorkonditionierten Rückbauabfällen (siehe Unterkapitel 6.2.2). Die Innenseite des Ofenstahlmantels musste bis zur Kontaminations- und Asbestfreiheit mehrfach gereinigt werden. Zudem zerkleinerte das PSI die Stahlmantelhülle (4,1 t) und mass sie frei. Der radioaktive Abfall aus dem Ofen wurde vorkonditioniert und teilweise in Endlagerbehälter verpackt. Das ENSI gab im Berichtszeitraum die Arbeiten für den Teilschritt 3 des Rückbaus frei, welcher den Rückbau von drei Abgas-Filtereinheiten und der Rauchgasleitungen umfasst. Für diese Arbeiten betreibt das PSI zur Beherrschung der Asbestproblematik weiterhin eine Asbestsanierungszone. Das PSI reinigte den ersten Grobfilter, um die Dosis zu vermindern, begann mit dem Abbau der Filterausmauerung und konditionierte den entsprechenden radioaktiven Abfall vor.

In Berichtsjahr wurden etwa 2,9 t radioaktives Material der Ausmauerung des Verbrennungsofens und der Abgasfilter vorkonditioniert und etwa 7,7 t an Anlagenteilen freigemessen.

Der Unterhalt an Gebäude und Anlagen sowie Funktionsprüfungen an den Infrastrukturanlagen und Kalibrierungen an den Messgeräten wurden gemäss den Vorgaben durchgeführt. Der Zustand der Anlage entsprach dem Sollzustand.

### 6.2.5 Aktiv-Abwassernetz Ost

Das PSI hatte 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. Im Berichtsjahr hiess das ENSI mehrere Anträge gut. Das PSI schloss in der Zwischenzeit fünf Teilprojekte erfolgreich ab. Die Arbeiten schritten planmässig voran.

## 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 (siehe Unterkapitel 6.3.2) 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. Bei den Sicherheitsnachweisen für das Abfalllabor stellte das ENSI in diversen Punkten Nachbesserungsbedarf fest und formulierte dazu mehrere Forderungen. Die Stellungnahme des ENSI zu den Sicherheitsnachweisen für das Betriebsgebäude lag Ende des Berichtsjahres im Entwurf vor.

Im Berichtsjahr wurden insgesamt rund 30,6 m<sup>3</sup> (Vorjahr: 38,1 m<sup>3</sup>) Abfälle bei der Bundessammelstelle angeliefert, davon 23,55 m<sup>3</sup> (Vorjahr: 36,76 m<sup>3</sup>) aus dem PSI und 7,05 m<sup>3</sup> (Vorjahr: 1,35 m<sup>3</sup>) aus der jährlichen Sammelaktion des Bundesamts für Gesundheit (BAG). Ausserdem wurden 61 extern konditionierte Stahlzylinder mit Industrieabfällen sowie 24 am PSI vorkonditionierte Innenbehälter mit VVA-Rückbauabfällen angeliefert. Aus der Zwiilag wurden keine Abfälle zurückgeliefert. Die 24 Behälter mit vorkonditionierten VAA-Rückbauabfällen wurden auf der Betonierungsanlage im DIORIT in drei KC-T12-Container endkonditioniert. Auf derselben Anlage verfüllte

das PSI zwei weitere KC-T12/30-Container mit operationellen Beschleunigerabfällen aus dem PSI-West.

Zur Behandlung in der Plasma-Anlage der Zwiilag wurden im Berichtsjahr 23,14 m<sup>3</sup> Rohabfall in 29 (Vorjahr: 41) 200-Liter-Abfallgebinden mit sortierten und verpressten Abfällen (A-Fässer) verarbeitet. Des Weiteren verarbeitete das PSI 0,41 m<sup>3</sup> Rohabfall zu Presslingen, die in 200-Liter-Fässern endkonditioniert werden, sobald sich eine ausreichende Menge an Presslingen angesammelt hat. Im Berichtsjahr lieferte das PSI keine A-Fässer zur Behandlung in der Plasmaanlage an die Zwiilag. Schliesslich wurden im Berichtsjahr 1,61 m<sup>3</sup> (Vorjahr: 9,6 m<sup>3</sup>) Material sowie 50 nicht mehr benötigte Leerfässer dekontaminiert und freigegeben.

In der Berichtsperiode gab es im Abfalllabor ein meldepflichtiges Vorkommnis (siehe Unterkapitel 6.7).

### 6.3.2 Lagerung radioaktiver Abfälle

Im Bundeszwischenlager (BZL) werden konditionierte Abfälle vorwiegend in 200-Liter-Fässern und Kleincontainern (4,5 m<sup>3</sup>) 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 Dosisprogramm, mit dem die Einhaltung der Störfalldosen für den jeweils aktuellen Lagerzustand sowie prospektiv für den im Folgejahr vorgesehenen Zustand kontrolliert beziehungsweise nachgewiesen werden kann. Im August 2019 reichte das PSI das überarbeitete Dosisprogramm beim ENSI zur Freigabe ein.

26 der 61 angelieferten extern konditionierten Stahlzylinder mit Industrieabfällen wurden in der

Berichtsperiode in das BZL eingelagert. Per Ende des Berichtsjahres betrug das Inventar 2 284 Stahlzylinder (Vorjahr: 2 258 Stk.). Sie werden in neun KC-T12-Containern gelagert. Weitere 156 Zylinder aus industrieller Fertigung mit tritiumhaltigen Abfällen stehen seit 2016 zur Dichtheitsüberwachung lose in 200-Liter-Fässern, die zu diesem Zweck mit Ventilen versehen sind. Mit Ausnahme der oben genannten 26 Stahlzylindern wurden in der Berichtsperiode keine neuen endkonditionierten Gebinde in das BZL eingelagert. Drei endkonditionierte KC-T12-Container mit VVA-Rückbauabfällen (siehe Unterkapitel 6.3.1) standen per Ende des Berichtsjahrs noch in der BZL-Umladehalle. Somit war der mit 200-Liter-Fässern belegte Raum per Ende 2019 unverändert mit 4 905 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 und weiteres radioaktives Material zum Abklingen. Hinsichtlich der noch nicht konditionierten Abfälle erwartet das ENSI vom PSI eine zügige Weiterverarbeitung, speziell des brennbaren Anteils zwecks Reduktion der Brandlasten. Für das zum Abklingen eingestufte Material reichte das PSI beim ENSI Ende 2019 unter Bezugnahme zur Übergangsbestimmung gemäss Artikel 202 Absatz 7 der Strahlenschutzverordnung seine Beurteilung hinsichtlich der Einhaltung der entsprechenden Kriterien ein.

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

Im Berichtsjahr akkumulierten die 1 973 beruflich strahlenexponierten Personen des PSI eine Kollektivdosis von 28 Pers.-mSv (2018: 31,6 Pers.-mSv bei 1 928 Personen). Davon stammen 4,7 Pers.-mSv (2018: 7,5 Pers.-mSv) aus dem Aufsichtsbereich des ENSI mit 361 beruflich strahlenexponierten Personen bei einer höchsten Individualdosis von

0,5 mSv (2018: 0,8 mSv bei 361 Personen). An mehreren Inspektionen stellte das ENSI fest, dass der operationelle Strahlenschutz in den Kernanlagen des PSI die gesetzlichen und behördlichen Vorgaben erfüllte.

Das ENSI führt quartalsweise Kontrollmessungen von Wasserproben und Aerosolfiltern durch. Sie stimmten mit den vom PSI gemeldeten Analyseergebnissen überein. Aus den bilanzierten Abgaben radioaktiver Stoffe über die Fortluftanlagen und über das Abwassersystem wurde unter konservativen Annahmen für den ungünstigsten Aufenthaltsort ausserhalb des überwachten PSI-Areals eine Personendosis von weniger als 0,01 mSv pro Jahr berechnet. Diese Dosis lag deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv pro Jahr gemäss PSI-Abgabereglement. Für detaillierte Angaben zu den Personendosen wird auf den Strahlenschutzbericht 2019 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 einer entsprechenden Auslegung seiner Anlagen hat das PSI die Notfallbereitschaft sicherzustellen.

Das ENSI und das BAG beobachteten und beurteilten im August 2019 an der Institutsnotfallübung CHARLIE die Notfallorganisation des PSI. Im Übungsszenario wurde unterstellt, dass die Grossforschungsanlage SwissFEL planmässig für Unterhalts- und Wartungsarbeiten abgestellt war. An mehreren Orten in der Anlage arbeiteten Techniker des PSI sowie Mitarbeiter von Fremdfirmen. Das PSI nutzte diese Phase für Führungen durch die Anlage des SwissFEL. Es befanden sich daher zusätzlich 19 Besucher in der Anlage. Aufgrund eines Kurzschlusses an einem Elektrofahrzeug, welches sich in der LKW-Schleuse der Anlage befand, entstand ein Brand. Infolge der Unterhaltsarbeiten waren einige Brandschottungen geöffnet, wodurch die Verbreitung entstandener toxischer Gase begünstigt wurde. Zusätzlich fiel die Beleuchtung in der Anlage aus.

Das PSI stufte das Ereignis korrekt ein und meldete es dem ENSI zeitgerecht. Das ENSI kam im Rahmen seiner Übungsbeobachtung zum Schluss, dass die vorgegebenen Übungsziele für Institutsnotfallübungen gemäss der Richtlinie



ENSI-B11 erreicht wurden. Das PSI verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

## 6.6 Personal und Organisation

Die Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit (ASI), die im Berichtsjahr in die ASI integrierte Sektion «Rückbau und Entsorgung» 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 im Berichtsjahr eine Inspektion im Bereich des Managementsystems zum Thema Qualitätssicherung bei wiederkehrenden Prüfungen durch. Es überprüfte, ob und wie die Regelungen zu den wiederkehrenden Prüfungen im Managementsystem die zugehörigen Vorgaben der Kernenergieverordnung sowie der Richtlinien ENSI-B10 und ENSI-G07 erfüllen. Die Sektion «Rückbau und Entsorgung» erfüllte die entsprechenden Anforderungen im Bereich der AERA. Per 1. Oktober 2019 setzte das PSI eine Organisationsänderung im Bereich der Abteilung «Strahlenschutz und Sicherheit» um. Diese Änderung beinhaltete insbesondere die Integration der bisherigen Sektion «Rückbau und Entsorgung» in die Abtei-

lung «Strahlenschutz und Sicherheit». Das ENSI wies im Rahmen seiner Stellungnahme darauf hin, dass das PSI als Betreiberin der Bundessammelstelle gemäss Artikel 120 der Strahlenschutzverordnung eine hoheitliche Aufgabe hat. Es ist gesetzlich dazu verpflichtet, diese zu erfüllen und trägt die volle Verantwortung dafür. Das PSI hat zu gewährleisten, dass die erforderlichen Ressourcen zur Erfüllung dieser Aufgabe jederzeit zur Verfügung stehen.

Die Anzahl an zulassungspflichtigem Personal für den abgestellten Forschungsreaktor PROTEUS betrug Ende des Berichtsjahres vier Personen. Diese Personenzahl ist aus Sicht des ENSI 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. Der Ablauf zu diesem Vorkommnis ist im Unterkapitel 6.7 beschrieben. Aufgrund des Vorkommnisses mit wesentlichen Ursachen im Bereich «Mensch und Organisation» hat das PSI zu analysieren, welche gesamtorganisationalen Lehren daraus gezogen werden können. Des Weiteren hat das PSI darzulegen, welche gesamtorganisationalen Massnahmen aufgrund der Analyse getroffen werden und wie es die Wirksamkeit dieser Massnahmen verfolgt.

## 6.7 Vorkommnisse

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

- Am 22. Juli 2019 fiel die radiologische Strangüberwachung im Abfalllabor infolge eines defekten Bauteils im Datenlogger aus. Nach zwölf Tagen konnte der Defekt behoben und die Anlage wieder in Betrieb genommen werden. Mit Eintreten des Ereignisses wurde das Abfalllabor gemäss Technischer Spezifikation in den Betriebszustand Stillstand versetzt.

Da der Abluftstrang des Abfalllabors in den Hochkamin geleitet wird, war mit der Hochkamin-Fortluftüberwachung PSI-Ost die Überwachung und Bilanzierung der Abgaben an die Umwelt zu jedem Zeitpunkt gewährleistet.

Das ENSI ordnete das Vorkommnis auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zu.

- Am 16. Oktober 2019 löste sich während der Umlagerung des PROTEUS-Kernbrennstoffs beim Hochziehen eines Treiberstabs der untere Verschlusszapfen vom Hüllrohr. Die einzelnen Brennstoffzigarren fielen in den Lagerkanal. Sie mussten später geborgen werden.

Die sicherheitstechnische Bedeutung des Vorkommnisses war gering. Der sichere Zustand der Anlage war jederzeit gewährleistet. Das Ereignis hatte weder für das Personal noch für die Umwelt radiologische Auswirkungen.

Technisch ordnete das ENSI das Vorkommnis auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zu. Faktoren im Bereich der Sicherheitskultur führten jedoch zu einer Hochstufung auf INES 1.

- Das PSI konnte am 27. November 2019 die halbjährliche Funktionsprüfung der Fortluftüberwachung des Hotlabors nicht erfolgreich durchführen. Der Lieferant musste die Parameter des Geräts neu einstellen. Das Messgerät war am 3. Dezember 2019 wieder betriebsbereit. Das Hotlabor wurde erst nach Abschluss der Instandsetzung über die fehlgeschlagene Funktionsprüfung informiert.

Dank der redundanten Hochkamin-Fortluftüberwachung des PSI-Ost war die Überwachung und Bilanzierung der Abgaben an die Umwelt zu jedem Zeitpunkt gewährleistet.

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 auf Antrag des PSI und aufgrund des Abgangs der Leitung der Strahlenschutzschule sowie den Anpassungen an die 2018 revidierte Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung im Berichtsjahr die Anerkennungen der Aus- und Fortbildungskurse für Strahlenschutzfachkräfte in Kernanlagen. Der zuständige Kursleiter erstellte einen entsprechenden Lernzielkatalog unter Bezug von Strahlenschutzexperten.

Die Schule für Strahlenschutz am PSI-Bildungszentrum führte im Berichtsjahr die vom ENSI anerkannten Ausbildungskurse zum Strahlenschutztechniker sowie zum Strahlenschutz-Sachverständigen für Kernanlagen durch. Der Techniker-Kurs umfasst insgesamt zwölf Wochen Unterricht, Praktika, die Prüfungsvorbereitung, schriftliche und mündliche Prüfungen sowie die Erstellung und Präsentation einer Projektarbeit. Im Berichtsjahr absolvierten fünf Personen diesen Kurs erfolgreich. Drei stammten aus schweizerischen Kernkraftwerken, eine aus dem ZZL sowie eine weitere aus einem deutschen Kernkraftwerk. Der Kurs für die Strahlenschutzsachverständigen umfasst fünf Wochen mit 180 Einzellektionen, Übungen und einer schriftlichen Prüfung. 70 % der Lektionen werden in Kombination mit dem Technikerkurs erteilt. Den Sachverständigen-Kurs schlossen drei Angestellte des PSI sowie eine Person aus einer Schweizer Kernanlage erfolgreich ab. Um Ressourcenengpässe zu minimieren, wurden vermehrt externe Dozenten für den Unterricht eingesetzt. Das ENSI beurteilte die Qualität des Unterrichts, beaufsichtigte die Prüfungen und attestierte hierbei der Schule ein gutes Niveau der Lehrveranstaltungen. Bei der Lernziel Erfüllung wurde Verbesserungsbedarf festgestellt, der bei zukünftigen Technikerkurslehrgängen berücksichtigt werden muss.

Zusätzlich startete im November des Berichtsjahrs der anerkannte Ausbildungskurs zur Strahlenschutzfachkraft. Der Fachkraftkurs umfasst insgesamt 15 Wochen Unterricht, Praktika, die Prüfungsvorbereitung sowie schriftliche, mündliche und praktische Prüfungen. Im Berichtsjahr begannen 18 Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Ausbildung.

Des Weiteren führte die Schule für Strahlenschutz am PSI-Bildungszentrum drei anerkannte Fortbildungskurse für Strahlenschutz-Technikerinnen und -Techniker, -Fachkräfte und -Sachverständige durch. Zusätzlich wurden zwei Ausbildungsmono-

dule für Strahlenschutzfachkräfte mit IHK-Zertifikat durchgeführt.

Insgesamt führte die Schule für Strahlenschutz am PSI-Bildungszentrum 23 Aus- und Fortbildungskurse für die schweizerischen Kernanlagen durch. Zusätzlich wurden ein Dekontreiniger-Kurs sowie fünf Kurse mit Bezug zu Transporten radioaktiver Gefahrgüter durchgeführt. Das ENSI überzeugte sich anhand von Besuchen einzelner Kurse, durch die Anwesenheit bei den Prüfungen und an mehreren Fachgesprächen mit den Kursleiterinnen und Kursleitern 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. Hintergrund dieses Fachgesprächs war insbesondere die Pensionierung von zwei langjährigen Mitarbeitern der Reaktorschule. Im Gespräch legte das PSI dar, dass es eine professionelle Nachfolgeplanung für Lehrkräfte am PSI durchführt. Das ENSI begrüsst die dargelegten Anstrengungen und Massnahmen zur Aufrechterhaltung der hohen Qualität an der Reaktorschule.

# 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.

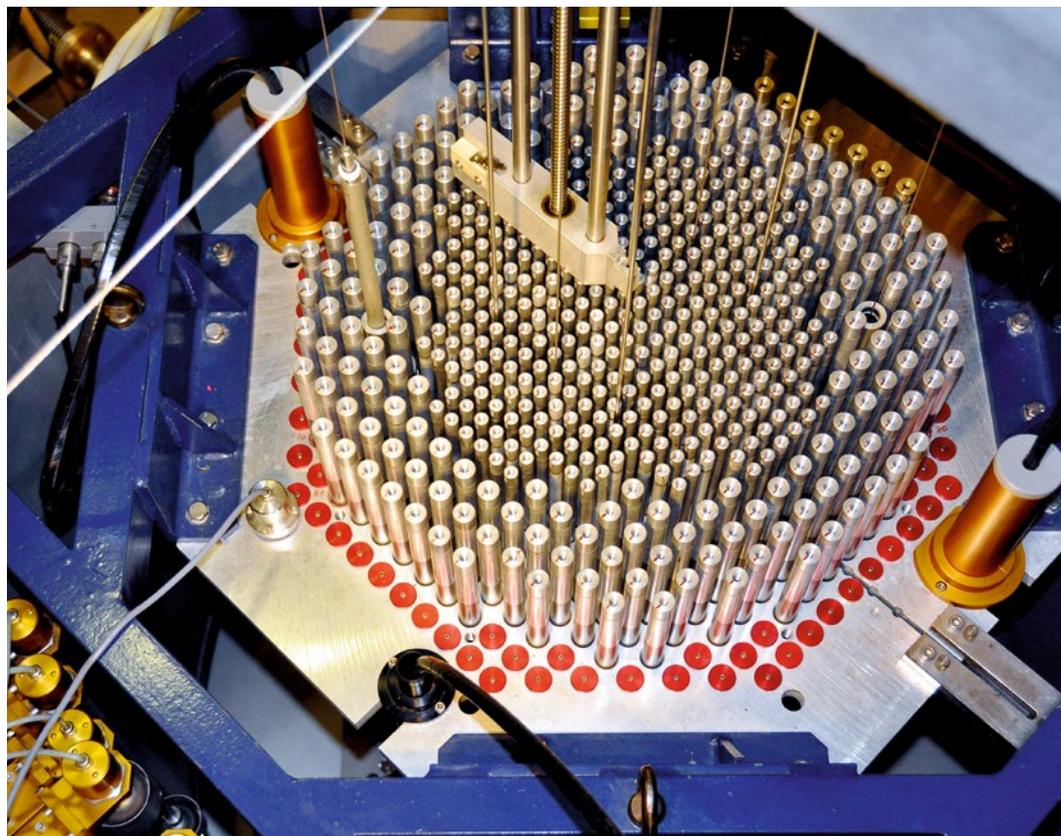
Im Berichtsjahr stand der CROCUS-Reaktor insbesondere den Ingenieur- und Physikstudentinnen und -studenten der EPFL, Kursteilnehmerinnen und Kursteilnehmern der Reaktorschule des Paul Scherrer Instituts und Studentinnen und Studenten des Swiss-Nuclear-Engineering-Masterkurses der ETH Zürich und der EPFL während 570 Stunden bei kleiner Leistung (unter 100 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 1596 Wh thermische Energie erzeugt. Das Experiment CARROUSEL wurde für Praktika verwendet. Die Neutronenquelle LOTUS ist seit mehreren Jahren ausser Betrieb. Die Anlage wird zurzeit für die Lagerung von radioaktiven Quellen und für Bestrahlungsexperimente verwendet.

Im April und November 2019 kam es aufgrund kurzer Stromausfälle zu Reaktorschnellabschaltungen. Die Abschaltssysteme funktionierten dabei ordnungsgemäss. Die EPFL meldete die Vorkommnisse gemäss der Richtlinie ENSI-B03 dem ENSI.

Zwei 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 Forschungsreaktor und besteht aus einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse.

Die 13 beruflich strahlenexponierten Personen an der EPFL akkumulierten im Berichtsjahr eine Kollektivdosis von 0,1 Pers.-mSv. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend.

Im November 2019 führte das ENSI seine Jahresinspektion durch, besprach technische, organisatorische und personelle Änderungen und inspizierte verschiedene Anlagenräume. Das ENSI kam zum Schluss, dass die EPFL die Betriebsbedingungen im Berichtsjahr einhielt.



Forschungsreaktor CROCUS.  
Foto: EPFL

## 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 war der Kernbrennstoff 2015 in die USA zurückgeführt worden. 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 (UVEK) am 13. Februar 2019 die Stilllegung des Forschungsreaktors verfügt hatte, stellte die Universität Basel einen Antrag für den Rückbau der Anlage. Das ENSI prüfte den Antrag und erteilte als zuständige Aufsichtsbehörde des Bundes im April 2019 die Freigabe zum Rückbau.

Der Reaktor befand sich im Berichtsjahr bis Ende Mai 2019 im Nachbetrieb und seither im Rückbau. Die Universität Basel schloss die Rückbauarbeiten im Dezember 2019 ab. Die Anlage ist kontaminationsfrei und steht für die Befreiung der Räume bereit.

Insgesamt konnten etwa 3,4 t Material freigesessen und der konventionellen Entsorgung zugeführt werden. Die Universität Basel übergab 2,9 t Material in Form von radioaktivem Abfall dem Paul Scherrer Institut zur Entsorgung.

Das Eigenpersonal akkumulierte im Berichtsjahr im Rahmen des Nachbetriebs und Rückbaus Dosen, die unterhalb der Nachweisgrenze lagen. Das im Rückbau eingesetzte Fremdpersonal akkumulierte eine Kollektivdosis durch Direktstrahlung von 0,034 Pers.-mSv, die maximale Individualdosis war 0,006 mSv. Da der Arbeitsbereich für den Rückbau stark mit natürlich vorkommendem Radon belastet ist, wurde auch die daraus resultierende Exposition des Fremdpersonals bestimmt. Die durch Radon akkumulierte Kollektivdosis lag bei 12,3 Pers.-mSv, die maximale Individualdosis betrug 3,64 mSv. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und den Abwasserpfad war unbedeutend.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Universität Basel die vorgegebenen Betriebsbedingungen und die Vorschriften zum Strahlenschutz für das Personal und die Umwelt 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 beziehungsweise 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. Anderenfalls und insbesondere dann, wenn 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 drei Gesuche nach Gefahrgutgesetzgebung und stellte die entsprechenden Genehmigungen aus. Ein Gesuch betraf die Zulassung eines Typs eines AF-Versandstückmusters für die Verwendung in der Schweiz auf der Basis einer vorliegenden ausländischen Zulassung. Ein weiteres Gesuch bezog sich auf eine Beförderung unter Sondervereinbarung für eine radioaktive Quelle in einem Typ-A-Versandstück mit Zwischenverpackung. Das dritte Gesuch betraf die Bauartzulassung für einen von der Klassifizierung als spaltbar ausgenommenen Stoffes. Diese Zulassung wurde in Zusammenarbeit mit der deutschen Aufsichtsbehörde erarbeitet und seit der Einführung dieser Möglichkeit im Rahmen des ADR 2015 erstmalig in Europa ausgestellt.

## 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.

Anfang 2019 wurden Musterformulare auf der Website des ENSI bereitgestellt, welche die Gesuchstellung unterstützen. Unter dem Stichwort Transportbewilligungen finden in- und ausländische Gesuchsteller diese Information in den Sprachen Englisch, Deutsch und Französisch. Insbesondere ist darin auch die Abgrenzung der verschiedenen Bewilligungsbehörden in der Schweiz erklärt.

Im Berichtsjahr wurden zwei Transportbewilligungen für Expeditionen aus Deutschland und Frankreich erteilt. Von den 21 derzeit gültigen Transportbewilligungen für Expeditionen, Logistik- und Dienstleistungsunternehmen werden neun im Jahr 2020 auslaufen. Das ENSI rechnet daher mit einer erhöhten Anzahl von Erneuerungsgesuchen für Transportbewilligungen. Die Bewilligungen für die Ein- und Ausfuhr sowie den Transport radioaktiver Stoffe für die Kernkraftwerke Mühleberg, Beznau und Gösgen, die Kernanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI) und der Zwiilag wurden erneuert. Ausstehend ist noch die Erneuerung für das Kernkraftwerk Leibstadt im Jahr 2020.

### 8.3 Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung

Gemäss Artikel 6 und 34 des Kernenergiegesetzes (KEG) bedarf der Umgang mit Kernmaterialien und radioaktiven Abfällen aus Kernanlagen einer Bewilligung des Bundes. Der 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 maximal ein Jahr gültig und können einmalig um maximal sechs Monate verlängert werden.

Im Berichtsjahr beurteilte das ENSI 14 kernenergierechtliche Transportgesuche. Dabei handelte es sich um mehrere Gesuche für den Transport von radioaktiven Betriebsabfällen und abgebrannten Brennelementen zur Zwiilag, zwei Gesuche für die Einfuhr von frischen Brennelementen, zwei Gesuche für die Einfuhr von unbestrahlten Brennstäben und ein Gesuch für die Ausfuhr von Brennstäben (Rückführung von unbestrahlten Brennstäben mit Qualitätsmängeln). Auf Basis dieser Beurteilungen

Anlieferung von Brennelementen ins KKB.  
Foto: KKB



stellte das BFE die entsprechenden Bewilligungen aus.

Ein weiteres Gesuch betraf die Rückführung von schwachaktiven Abfällen aus Belgien. Letzteres konnte das BFE jedoch aufgrund fehlender Unterlagen aus Belgien nicht bewilligen. Darüber hinaus wurden ein Gesuch für den Transport von als Kernmaterial eingestuft metallischen Folien vom PSI zur École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) und ein Gesuch für den Transport von Abfällen aus dem Rückbau des Forschungsreaktors der Universität Basel zur Sammelstelle des Bundes bearbeitet. In zwei Fällen wurden Verlängerungsgesuche für Bewilligungen für den Transport radioaktiver Abfälle beurteilt. Das ENSI prüfte, ob sich während der Laufzeit der Bewilligung relevante Veränderungen an den Bewilligungsvoraussetzungen ergeben haben.

#### 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 zum jeweiligen Zwischenlager transportiert, dort nach der Eingangskontrolle in die Zwischenlagerkonfiguration gebracht, in der Behälterlagerhalle abgestellt und an ein System angeschlossen, das die Dichtheit kontinuierlich 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 Behälterdokumentation. 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 als Versandstück für radioaktive Stoffe.

Ende 2019 befanden sich 23 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 Behälterbauarten 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 konkret betroffenen Behälterexemplars nachgewiesen werden konnte. Die Hersteller und die schweizerischen Kernkraftwerke schenken im Berichtsjahr der Vermeidung von Abweichungen beziehungsweise den Vorkehrungen gegen deren Wiederholung verstärkte Beachtung, sodass die Behälterfertigungsprozesse früher abgeschlossen werden konnten und die Fertigungszeit generell kürzer ausfiel.

Zurzeit befinden sich vier neue Behälterbauarten im Bauartfreigabeverfahren gemäss der Richtlinie ENSI-G05. Aufgrund des teilweise innovativen Charakters dieser Behälterbauarten wird die Begutachtung unter Beizug externer Experten abgewickelt.



Empfang eines T/L-Behälters im Zwiilag.  
Foto: Zwiilag

Auch zur Fertigungsüberwachung setzte das ENSI externe Sachverständige ein, zum überwiegenden Teil aus der Schweiz, in Einzelfällen auch aus den Herstellungsländern.

Wie bereits in den vorangegangenen Jahren wurden gemeinsame Inspektionen und Gespräche mit ausländischen Aufsichtsbehörden durchgeführt: mit der Aufsichtsbehörde Autorité du sûreté nucléaire (ASN) und dem Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) aus Frankreich, den Aufsichtsbehörden FANC und Bel V aus Belgien, dem Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BFE) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) aus Deutschland sowie der Nuclear Regulatory Commission (NRC) aus den USA.

Im Berichtsjahr nahm das ENSI sechs Behälterexemplare gemäss der Richtlinie ENSI-G05 ab und gab sechs als beladene Behälter zur Einlagerung im Zwischenlager ZWIBEZ des Kernkraftwerks Beznau beziehungsweise im Zentralen Zwischenlager der Zwiilag für radioaktive Abfälle frei.

## 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 müssen 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 Berichtsjahr in seinem Aufsichtsbereich zehn Inspektionen im Bereich Transporte und Behälter für radioaktive Stoffe durch. Die Inspektionen betrafen den Versand und Empfang von Brennelementen, Brennstäben, radioaktiven Abfällen und Proben sowie die Instandhaltung und wiederkehrende Prüfungen der Verpackungen und Behälter. Die gefahrgutrechtlichen Grenzwerte, insbesondere für Kontamination und Dosisleistung, wurden in allen Fällen eingehalten. Das ENSI identifizierte in einem Fall Verbesserungsbedarf bezüglich Prüfausrüstungen bei den wiederkehrenden Prüfungen und in zwei Fällen bei Arbeitsvorschriften. Alle anderen Aspekte wurden mit Normalität bewertet. Bei einer Inspektion wiederkehrender Prüfungen an Transportverpackungen wurde eine «Gute Praxis» festgestellt.

Inhaber von 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 der Gesuche um Erneuerung der strahlenschutzrechtlichen Bewilligung für den Transport und die Ein- und Ausfuhr führte das ENSI Fachgespräche mit den zuständigen Stellen und Gefahrgutbeauftragten der Kernkraftwerke Mühleberg, Gösgen und Beznau durch. Die Zwiilag und das PSI verfügen über Zertifikate beziehungsweise eine Akkreditierung, die das Managementsystem für den Transport radioaktiver Stoffe ausdrücklich einschliessen und vom ENSI bei der Prüfung des Gesuchs anerkannt werden.

Transport von  
radioaktiven Abfällen.  
Foto: Zwiilag





Eingang ins Felslabor  
Mont Terri.  
Foto: CCV

## 9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle

### 9.1 Einleitung

Das Standortauswahlverfahren für geologische Tiefenlager (Sachplan geologische Tiefenlager, SGT) wird vom Bundesamt für Energie (BFE) geleitet. Das ENSI trägt im Verfahren die Gesamtverantwortung für die sicherheitstechnische Beurteilung der Vorschläge für geologische Standortgebiete und Standorte (siehe Unterkapitel 9.2). Der Start in die finale Etappe des Auswahlverfahrens (Etappe 3) erfolgte im Jahr 2018. Seither wird der Untergrund in den drei verbleibenden Standortgebieten Jura Ost (Kanton Aargau), Nördlich Lägern (Kantone Aargau und Zürich) und Zürich Nordost (Kantone Thurgau und Zürich) weiter untersucht, um genügend Daten für die Standortwahl zu sammeln. Noch vor Abschluss der Etappe 2 Ende 2018 hatte die Nagra bereits in allen drei Standortgebieten

3D-seismische Messungen durchgeführt. Ab April 2018 wurden in den Standortgebieten und in ihrer nahen Umgebung untiefe Quartärbohrungen durchgeführt. Seit April 2019 werden innerhalb der Standortgebiete Tiefbohrungen abgeteuft. Das ENSI begleitete diese Bohrungen mit Freigaben, Audits und Inspektionen auf den Bohrplätzen (siehe Unterkapitel 9.3). Regelmässige Übersichtsvorträge über die laufenden Untersuchungen der Nagra erfolgten in den Sitzungen des Fachgremiums «Erdwissenschaftliche Untersuchungen». Das Gremium trifft sich üblicherweise zweimal im Jahr. Einsitz haben neben dem ENSI und der Eidgenössischen Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) auch die Kantone, Swisstopo und Fachvertreter ausländischer Behörden.

Nach Abklärung des Änderungsbedarfs bei den Stakeholdern schickte das ENSI die überarbeitete



Richtlinie ENSI-G03 im September 2019 in die externe Anhörung. Das ENSI nahm für die Neuausgabe der Richtlinie ausserdem einen breiten Vergleich mit ausländischen nationalen und internationalen Regelwerken vor (siehe Unterkapitel 9.4).

Externe Experten unterstützen das ENSI, insbesondere die international zusammengesetzte Expertengruppe geologische Tiefenlagerung (EGT) (siehe Unterkapitel 9.5): Die Arbeiten dieser Expertengruppe dienen der Vorbereitung der Prüfarbeiten für die Etappe 3 des SGT.

Das ENSI führte in Zusammenarbeit mit Experten für die Tiefenlagerung relevante Untersuchungen und Forschungsarbeiten durch (siehe Unterkapitel 9.6). Ein signifikanter Anteil dieser Forschung findet im Felslabor Mont Terri statt, das von 2018 bis 2019 um 300 Meter zusätzliche Stollen erweitert wurde. Das ENSI war im Berichtsjahr an mehreren der dort laufenden Forschungsprojekte beteiligt, die detaillierten Ausführungen dazu sind im Erfahrungs- und Forschungsbericht 2019 des ENSI dargelegt. Die Forschungsarbeiten erlauben es dem ENSI, kontinuierlich seinen Wissensstand zu aktualisieren und daraus den Stand von Wissenschaft und Technik für seine Beurteilungen zu definieren. Zum gleichen Zweck beteiligt sich das ENSI in vielfältiger Weise auch in internationalen Gremien und Forschungsprogrammen (siehe Unterkapitel 9.7).

## 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. Die 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).

### Technisches Forum Sicherheit

Das Technische Forum Sicherheit (TFS) dient im Rahmen des Sachplans als Informations- und Austauschplattform. In diesem Forum werden technische und wissenschaftliche Fragen zur Sicherheit und Geologie aus der Bevölkerung, von Gemeinden, Standortregionen, Organisationen, Kantonen und Gemeinwesen betroffener Nachbarstaaten diskutiert und beantwortet. Das TFS besteht aus Fachpersonen der verfahrensleitenden Behörde (BFE), der überprüfenden (ENSI) beziehungsweise unterstützenden Behörde (swisstopo), von Kommissionen (KNS, EGT), der Entsorgungspflichtigen (Nagra), von Nichtregierungsorganisationen 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 durch die Forumsmitglieder und organisiert die TFS-Sitzungen. Die eingegangenen Fragen und Antworten werden der Öffentlichkeit auf der Website [www.ensi.ch/de/technisches-forum-sicherheit/](http://www.ensi.ch/de/technisches-forum-sicherheit/) zur Verfügung gestellt. Das ENSI

fürte im Berichtsjahr drei Sitzungen durch. Von den bisher im TFS aufgenommenen 151 Fragen waren bis Ende 2019 deren 149 beantwortet. Neben der Beantwortung eingereicherter Fragen wurden im Berichtsjahr an den Sitzungen verschiedene Fachthemen vertieft diskutiert. Im März besuchte das TFS das Felslabor Mont Terri. Der Fokus dieser Sitzung lag auf den Arbeiten zur Erweiterung des Felslabors. Zudem wurden die laufenden und die künftig geplanten Experimente vorgestellt. Im Juni präsentierte das ENSI unter anderem seine sicherheitstechnischen Vorgaben für die Etappe 3 des SGT und die Nagra zeigte die vorläufigen Ergebnisse der 3D-seismischen Untersuchungen. An der Sitzung im November wurden die Änderungen in der Neuausgabe der Richtlinie ENSI-G03 behandelt. Zudem stellte die Nagra ihre Erkenntnisse aus der Langzeitbeobachtung der Sondierbohrung Benken vor.

#### **Fachgremium «Erdwissenschaftliche Untersuchungen»**

Das Fachgremium «Erdwissenschaftliche Untersuchungen» (FEU) wurde zur Sicherstellung des Informationsflusses im Rahmen der laufenden erdwissenschaftlichen Untersuchungen der Nagra für die Etappe 3 des SGT 2015 gegründet. Es diskutiert die Ergebnisse der Untersuchungen unter Fachvertretern der den Sachplan begleitenden Behörden des Bundes, der Kantone und Deutschlands.

Im Berichtsjahr fanden wie geplant die 7. und 8. Sitzung des FEU statt. Die Nagra informierte insbesondere über die vorläufige Auswertung der 3D-seismischen Daten (zur Kontrolle der eingereichten Bohrstandorte), über die abgeteuften Quartär- und Tiefbohrungen und die ersten Resultate aus den Untersuchungen im Bohrloch in Bülach.

#### **Öffentlichkeitsarbeit**

Das ENSI beteiligte sich an Führungen im Felslabor Mont Terri und stand bei Bedarf den Regionalkonferenzen und den Fachgruppen Sicherheit für die Vertiefung von Fachthemen zur Verfügung.

Zur Sicherstellung des Informationsbedarfes der Gemeindevertreter in den Gemeinden mit Bohrplätzen für Tiefbohrungen wurden 2018 in allen drei Standortgebieten Begleitgruppen gegründet. Das ENSI besichtigte mit den Vertretern dieser Begleitgruppen im Mai 2019 den ersten Bohrplatz der Nagra in Bülach und diskutierte die von der Stadt Bülach gemachten Erfahrungen mit dem Bohrplatz.

### **9.3 Sondierbohrungen für die Etappe 3**

Für die Tief- und Quartärbohrungen der Nagra ist das ENSI als Leitbehörde für die Freigaben von Bau und Betrieb, für die Kontrolle der Auflagen aus den Bewilligungen des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) und die Freigaben zuständig. Das ENSI prüfte im Berichtsjahr vier Freigabeanträge für Quartärbohrungen (Andelfingen-Niederfeld, Kleinandelfingen-Laubhau, Hochfelden-Strassberg, Trüllikon-Rudolfingen) und erteilte entsprechende Freigaben unter Auflagen.

Das ENSI prüfte zudem die zu den Tiefbohrungen der Nagra in den potenziellen Standortgebieten gehörenden Freigabeanträge für den Bau und Betrieb und erteilte die entsprechenden Freigaben unter Auflagen. Im Gegensatz zu den Quartärbohrungen durchqueren die Tiefenbohrungen den Opalinuston, das Wirtgestein für die späteren geologischen Tiefenlager, und verletzen diesen lokal. Aus bohrtechnischer Sicht stellten unter anderem die möglichen hohen Gas- und Wasserdrücke eine Herausforderung dar. Daher wurden an die Tiefenbohrungen umfangreichere Anforderungen an die Auslegung der Bohrungen und den Bohrbetrieb gestellt und die Umsetzung kontrolliert. Zu den geprüften Freigabeanträgen gehörten unter anderem die Arbeitsprogramme, welche im Detail beschreiben, wie die Tiefenbohrungen erstellt werden sollen (Bohrprogramme) und wann im Bohrloch welche Tests erfolgen sollen (Untersuchungsprogramm). Nachdem im Vorjahr die Prüfung schriftlicher Unterlagen im Vordergrund gestanden hatte, begann das ENSI im Berichtsjahr mit den Inspektionen auf insgesamt vier Bohrplätzen (Bülach, Trüllikon 1, Marthalen und Bözberg 1). Bei der zuerst abgeteuften und inzwischen temporär verschlossenen Tiefenbohrung in Bülach wurden 17 Inspektionen für die Bauphasen «Bohrplatz», «Standrohr» und «Bohrkeller», für die Abnahme der Bohranlage zur Betriebsfreigabe und für die Kontrolle des laufenden Betriebs durchgeführt. Bei der Tiefenbohrung in Trüllikon 1 führte das ENSI elf, in Marthalen zwei und in Bözberg 1 drei entsprechende Inspektionen durch. Zusätzlich nahm das ENSI an neun Terminen das wissenschaftliche Begleitprogramm der Tiefenbohrungen in Bülach und Trüllikon 1 vor Ort in Augenschein. Im laufenden Betrieb der Tiefbohrungen sichtete das ENSI darüber hinaus die Tages- und Wochenrapporte sowie die täglich aktualisierten Prognosen und er-

griff die notwendigen Massnahmen, wie beispielsweise die Nachforderung von Dokumenten, die Aufforderung zur Nachrüstung der Anlage oder die Durchführung einer zusätzlichen Inspektion. Das ENSI führte mit der Nagra diverse Fachsitzungen und Aufsichtsgespräche zu den Tiefenbohrungen durch.

#### 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 Ende 2019 noch gültige Richtlinie ENSI-G03 «Spezifische Auslegungsgrundsätze und Anforderungen an den Nachweis der Sicherheit für geologische Tiefenlager» wurde im April 2009 in Kraft gesetzt. Sie umfasst die Anforderungen an die Auslegung, an den Betrieb und an die Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers, soweit sie nicht bereits übergeordnet durch die Gesetzgebung oder durch andere Richtlinien des ENSI abgedeckt sind. Sie regelt auch die Anforderungen an den Nachweis der Sicherheit für die Betriebs- und Nachverschlussphase. In der Richtlinie sind die Anforderungen an die Dokumentation und an deren langfristige Aufbewahrung eingeschlossen. Die Anforderungen an die Standortsuche werden im Rahmen des SGT separat festgelegt.

Im ersten und zweiten Quartal 2019 bearbeitete das Projektteam des ENSI die Kommentare aus der

internen Anhörung und nahm Änderungen am Entwurfstext der Richtlinie und des Erläuterungsberichts vor. Im dritten Quartal 2019 stellte das ENSI der Arbeitsgruppe Sicherheit Kantone/Kantonale Expertengruppe Sicherheit, der KNS und der Nagra die Entwürfe der Neuausgabe der Richtlinie und des Erläuterungsberichts vor und beantwortete inhaltliche Fragen. Die Richtlinie und der entsprechende Erläuterungsbericht waren Ende 2019 in externer Anhörung.

#### 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 der geologischen Tiefenlager, nimmt Stellung zu Gesuchen für erdwissenschaftliche Untersuchungen und arbeitet im TFS und im Fachgremium «Erdwissenschaftliche Untersuchungen» mit. Für das ENSI ist die EGT eine wichtige Wissensträgerin, da darin von der Nagra unabhängige Fachpersonen vertreten sind. EGT und ENSI legen jährlich gemeinsam die Schwerpunkte der Arbeiten der EGT fest. Das ENSI führt das Sekretariat der EGT.

Der EGT gehörten in der Berichtsperiode sieben Mitglieder aus dem Hochschulbereich des In- und Auslands an, die verschiedene in der geologischen Tiefenlagerung relevante Fachbereiche abdecken.

Experiment im  
Felslabor Mont Terri.  
Foto: Comet



Mitte 2019 konnte Prof. Dr. Heinz Konietzky von der Technischen Universität Bergakademie Freiberg als Mitglied gewonnen werden. Er bringt Expertenwissen auf dem Gebiet der Gebirgs- und Felsmechanik beziehungsweise des Felsbaus ein. Prof. Dr. Wulf Schubert von der Technischen Universität Graz beendete sein Mandat im Zuge seiner Emeritierung. Prof. Dr. Rolf Kipfer von der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag) ist aus der EGT ausgeschieden, um zukünftig zur Forschung der Entsorgungspflichtigen beizutragen. Die Aktivitäten der EGT werden laufend auf ihrer Website präsentiert: [www.egt-schweiz.ch](http://www.egt-schweiz.ch).

In Berichtsjahr fanden fünf ganztägige, reguläre Plenarsitzungen der EGT statt. Im November besuchte die EGT ausserdem das Felslabor der Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) in Bure (Projekt Cigéo), verbunden mit einer Fachdiskussion über die Themen «Gasbildung und Gastransport im Tiefenlager» und «Monitoring». Vertreten war die EGT ausserdem an zwei Plenarsitzungen des Fachgremiums «Erdwissenschaftliche Untersuchungen» sowie an den drei Sitzungen des TFS (siehe Unterkapitel 9.2). An einer Infoveranstaltung für Quartärfachleute, die von der Nagra im Zuge ihres Quartärbohrprogramms organisiert wurde, war die EGT ebenso vertreten wie an einem Kolloquium über die Forschungsstrategie und -agenda des deutschen Bundesamtes für kerntechnische Entsorgungssicherheit.

Im Berichtsjahr setzte sich die EGT zudem intensiv mit dem Thema «Gasbildung und Gastransport im Tiefenlager» auseinander und erarbeitete dazu ein

Positionspapier zuhanden des ENSI. Die EGT brachte sich des Weiteren in die Revision der Richtlinie ENSI-G03 über geologischen Tiefenlager ein (siehe Unterkapitel 9.4).

## 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 Charakterisierung und Erfassung der geotechnischen, geochemischen und hydraulischen Eigenschaften der dortigen Gesteinsformationen und die Entwicklung und Überprüfung von Lagerkonzepten für den sicheren Einschluss radioaktiver Abfälle sowie von Techniken zur Erfassung der relevanten Daten. Anhand von Demonstrationsversuchen werden 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 Barrierensystems zu erhalten.

Das ENSI ist seit 2003 mit eigenen Experimenten an der Erforschung des Opalinustons und tiefenlagerrelevanter Prozesse im Felslabor Mont Terri beteiligt, um die behördeninterne Fachkompetenz aufzubauen und zu erhalten sowie eigene Datensätze und Modelle zu entwickeln. Das ENSI wird



*Führung im Felslabor Mont Terri.  
Bild: swisstopo*



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 das ENSI als Projektpartner Einsitz hat. Details zu den Experimenten unter Beteiligung oder Leitung des ENSI sind im Erfahrungs- und Forschungsbericht 2019 des ENSI beschrieben. Als Projektpartner nutzt das ENSI auch den Einblick in die Resultate aus weiteren Experimenten, an denen das ENSI nicht direkt beteiligt ist.

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

## 9.7 Internationaler Wissenstransfer

Basis der fachlichen Beurteilungsarbeit des ENSI ist die Mitwirkung bei der Festlegung des Standes 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 in geologischen Tiefenlagern vor allem im europäischen Rahmen zu verfolgen und sich bezüglich des Stands von Wissenschaft und Technik über die aktuellen Entwicklungen 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:

Das Projekt DECOVALEX-2019 begann im Jahr 2016 und wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Es befasste sich mit der Simulation gekoppelter thermisch-hydraulisch-mechanischer Prozesse, wie sie in der unmittelbaren Umgebung eines geologischen Tiefenlagers auftreten können. An diesem Projekt nahmen Partner von zwölf Organisationen verschiedener Länder teil. Das ENSI hatte gemeinsam mit dem Lawrence Berkeley National Laboratory die Leitung eines der insgesamt sieben Arbeitspakete bezüglich der Aktivierung von Störungszonen übernommen. Das Projekt zielte auf eine Verbesserung des Prozessverständnisses sowie die Überprüfung und Erweiterung der Fähigkeiten zur computerbasierten Simulation solcher Prozesse. Details sind im Erfahrungs- und Forschungsbericht 2019 des ENSI beschrieben. Zu den Tätigkeiten im Berichtsjahr gehörte der Abschlussbericht des

DECOVALEX-2019-Projektes. Er wird im Jahr 2020 unter [www.decovallex.org](http://www.decovallex.org) verfügbar sein. Das Folgeprojekt DECOVALEX-2023 wird vorbereitet.

BIOPROTA ist ein internationales Forum, das sich mit Prozessen zur Freisetzung von Radionukliden aus einem Lager für radioaktive Abfälle in die Biosphäre befasst. Die Arbeiten betreffen den Umgang mit Ungewissheiten bei der Modellierung der Umweltauswirkungen und der entsprechenden Strahlenexposition im Zusammenhang mit dem Sicherheitsnachweis für geologische Tiefenlager. Das Forum findet jährlich statt, damit die Ergebnisse von aktuellen Forschungsarbeiten diskutiert und zukünftige Forschungsschwerpunkte festgelegt werden können. Es umfasst auch Workshops zu spezifischen Themenschwerpunkten. Schwerpunkte im Berichtsjahr waren wiederum die Referenzbiosphären-Methodik und Arbeiten am entsprechenden Abschlussbericht. Darüber hinaus befassten sich die BIOPROTA-Mitglieder mit der Bedeutung von radioaktivem Kohlenstoff (C-14) in Biosphären-Systemen.

Seit 2013 besteht eine Kooperationsvereinbarung zwischen dem ENSI und dem Lehrstuhl für Depo- niertechnik und Geomechanik der Technischen Universität Clausthal. Diese Vereinbarung ermöglicht einen Informationsaustausch über die Themen der hydromechanischen Modellierung. Die Technische Universität Clausthal lancierte 2017 das Projekt BenVaSim (Internationales Benchmarking zur Verifizierung und Validierung von TH2M-Simulatoren). 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. Im Erfahrungs- und Forschungsbericht 2019 des ENSI wird über das Projekt berichtet.

Das ENSI beteiligte sich ferner an den Aktivitäten der IGSC (Integration Group for the Safety Case), der Nuclear Energy Agency (NEA), der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), der Working Group on Measurements and Physical Understanding of Groundwater Flow through Argillaceous Media (Clay Club) und der EGOS (Expert Group on Operational Safety).

Im Berichtsjahr fand in Paris das 21. Treffen der Arbeitsgruppe IGSC statt. Es diente dem Austausch über die landesspezifischen und internationalen Aktivitäten und Projekte in Bezug auf die Tiefenlagerung. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer diskutierten über die Aktivitäten des übergeordneten Radioactive Waste Management Committee (RWMC), über den Stand der NEA-Projekte auf dem Gebiet der Entsorgung, über die Aktivitäten der internationalen Organisationen und der spezifischen IGSC-Untergruppen und deren Projekte (Clay-Club, Salt-Club, EGOS, FEP-Database, Crystalline-Club und RepMet-Projekt). Im Berichtsjahr wurde die Aktualisierung des Sicherheitsnachweises für geologische Tiefenlager als Schwerpunktthema behandelt. Die verschiedenen Länder stellten dazu ihre Regelwerke vor und tauschten ihre Erfahrungen aus. Zusätzlich zum Schwer-



Felslabor Mont Terri.  
Foto: Comet

punktthema fand ein gemeinsamer Workshop zwischen dem Forum of Stakeholder Confidence und der IGSC zur Kommunikation über Unsicherheiten mit dem Sicherheitsnachweis für geologische Tiefenlager statt. Die Mitarbeit des ENSI in den Gremien der OECD-NEA ermöglicht den Zugang zu wichtigen internationalen Informationsplattformen. Im Zentrum steht dabei der Wissenstransfer zur Anwendung von Sicherheitsnachweisen für ein geologisches Tiefenlager bezüglich der Tongesteinsforschung und der Betriebserfahrung. Der Clay-Club verabschiedete 2019 den Bericht über die Arbeiten zum Projekt «Argillaceous Media Database Compilation». Das Projekt beschäftigt sich mit den für die Sicherheitsbeurteilung von geologischen Tiefenlagern in Tongesteinen massgebenden Datensätzen, die für die betrachteten Gesteinsformationen zusammengetragen und übersichtlich dargestellt werden.

An der Universität Bern wurde im Berichtsjahr für den Clay-Club das Projekt CLAYWAT bearbeitet. Darin geht es um die Verbesserung der Methoden zur Bestimmung der Porenwassergehalte in Tonen und Schiefertönen, die Interpretation der Porenwasserzusammensetzung aus Extraktionsexperimenten, die advective Mobilität des Porenwassers und die Evaluation geeigneter Methoden zur Charakterisierung des Bindungszustands von Porenwasser.

Die Expertengruppe EGOS dient dem Austausch von technischen und regulatorisch-gesetzgeberischen Erfahrungen in Bezug auf die nukleare und radiologische Betriebssicherheit eines geologischen Tiefenlagers. Im Berichtsjahr erstellte die EGOS eine erste Version der Datenbank mit den Gefährdungsbildern, die für den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers ausschlaggebend sein können, und überarbeitete die Berichtsentwürfe zu den Themen «Management des Brandrisikos» und «Entwicklung von Annahmekriterien für radioaktive Abfälle». Zudem befasste sich die EGOS im Rahmen ihrer Jahressitzung schwerpunktmässig mit den Herausforderungen im Umgang mit gegensätzlichen Anforderungen an die Betriebs- und die Langzeitsicherheit.

# 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 Juni 2019 reichte das Kernkraftwerk Beznau (KKB) eine neue PSA ein. Mit dem neuen PSA-Modell werden die aktuellen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 berücksichtigt sowie verschiedene Verbesserungspunkte umgesetzt, die das ENSI im Rahmen seiner

Stellungnahme zur letzten Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) gefordert hatte. In einer weiteren Überarbeitung der PSA, welche im Dezember eingereicht wurde, verbesserte das KKB insbesondere die Brand-PSA und vervollständigte die Bearbeitung der Verbesserungspunkte (zur Stufe-1-PSA für die Bewertung des Leistungsbetriebes) aus der Stellungnahme des ENSI zur letzten PSÜ.

- Das Kernkraftwerk Gösgen (KKG) reichte im Juni 2019 eine aktualisierte PSA für die Bewertung des Leistungsbetriebes und des Nichtleistungsbetriebes ein. Dabei wurden die aktuellen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 berücksichtigt. Ferner klärte das KKG Fragen des ENSI zur PSA im Rahmen einer Grobprüfung zur aktuellen PSÜ.
- Im Juni 2019 reichte das Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) eine neue PSA ein. Mit dem neuen PSA-Modell werden die aktuellen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 berücksichtigt sowie verschiedene Verbesserungspunkte umgesetzt, die das ENSI anlässlich seiner Stellungnahme zur letzten PSÜ gefordert hatte. Für die Quantifizierung der KKL-PSA wurde eine neue Methode eingesetzt, die weniger konservativ ist als die bisher verwendete.
- Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) reichte im Jahr 2019 keine neuen PSA-Studien ein. Die vorliegenden Studien für die Etablierung des technischen Nachbetriebs, für die erste Stilllegungsphase, für den Leistungsbetrieb und den Nichtleistungsbetrieb berücksichtigen bereits die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015.

Gemäss den per Ende 2019 vorliegenden Analysen der Schweizer KKW wird das von der International Atomic Energy Agency (IAEA) für bestehende Anlagen empfohlene probabilistische Sicherheitsziel einer Kernschadenshäufigkeit von weniger als  $10^{-4}$  pro Jahr von allen Anlagen eingehalten.

## 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 (2018) 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 2018 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 KKG wurde bei einem fehlerhaften Öffnen des Generatorschalters am Notstanddiesel FY61 eine latente Unverfügbarkeit des Generatorschalters von 15 Tagen angenommen. Im KKL wurden verschiedene latente Unverfügbarkeiten im Jahr 2018 identifiziert, die einen signifikanten Beitrag zum kumulativen Risiko hatten.
- 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 wurde aufgrund der Risikobewertung ein Vorkommnis im KKG (Einsatz nicht eignungsgeprüfter Druckmessumformer) auf der INES-Skala der Stufe 1 zugeordnet ( $ICCDP_{Vorkommnis}$  zwischen  $10^{-6}$  und  $10^{-4}$ ).

Die weiteren von den Kernkraftwerksbetreiberinnen mit der PSA bewerteten Vorkommnisse 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 bis zu 27 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 Pickettingenieur (PI) des ENSI im Einsatzfall. Es bereitet die ANPA-Werte grafisch so auf, dass sich der PI bei einem Störfall rasch über dessen Ablauf und Ausmass ins Bild setzen kann.
- Das Diagnosemodul interpretiert die ANPA-Werte und liefert Hinweise zu möglichen Ursachen eines Störfalls und zum Zustand wichtiger Anlagenteile.
- Mit dem Simulationsmodul kann eine Vielzahl von Unfallabläufen simuliert und untersucht werden. Mit dem Modul kann auch der Eintrittszeitpunkt bestimmter kritischer Ereignisse (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.

# Anhang

Erläuterungen zur Sicherheitsbewertung		99
Abbildung 1	ENSI-Sicherheitsbewertungsskala	100
Abbildung 2	Definition der ENSI-Kategorien G, N, V und A	102
Tabelle 1	Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2019	103
Tabelle 2	Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2019	103
Tabelle 3	Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2019	103
Tabelle 4	Meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2019	104
Tabelle 5	Kollektivdosen in den schweizerischen KKW im Berichtsjahr	105
Tabelle 6	Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und bei der Bundessammelstelle am PSI per 31.12.2019	105
Tabelle 7	Radioaktive Abfälle in den Anlagen der Zwiilag per 31.12.2019	105
Figur 1	Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung 2010–2019	106
Figur 2	Meldepflichtige Vorkommnisse 2010–2019	108
Figur 3	Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams) 2010–2019	109
Figur 4	Brennstabschäden (Anzahl Stäbe) 2010–2019	110
Figur 5a	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	111
Figur 5b	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	111



## 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 4 unter dem Punkt «Sicherheitsbewertung» dargestellt.

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

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

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

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

**Vorkommnisklassierungen:  
 Radioaktive Abgaben  
 an die Umwelt**

Teilskala 1

**Vorkommnisklassierungen:  
 Strahlenexposition  
 des Personals**

Teilskala 2

**Vorkommnisklassierungen:  
 Gestaffelte Sicherheitsvorsorge**

Teilskala 3

<b>4</b>	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung ICCDP <sub>Vork.</sub> = 1
<b>3</b>	Ernsthafter Zwischenfall 1E-2 < ICCDP <sub>Vork.</sub> < 1
<b>2</b>	Zwischenfall 1E-4 < ICCDP <sub>Vork.</sub> < 1E-2
<b>1</b>	Anomalie 1E-6 < ICCDP <sub>Vork.</sub> < 1E-4

**0** ICCDP<sub>Vork.</sub> < 1E-6

**Vorkommnisklassierungen:**  
ICCDP<sub>Vorkommnis</sub>  
gemäss ENSI-A06

Teilskala 4

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

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

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

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermische Leistung [MW]	1130	1130	1097	3002	3600
Elektrische Bruttoleistung [MW]	380	380	390	1060	1275
Elektrische Nettoleistung [MW]	365	365	373	1010	1220
Reaktortyp	Druckwasser	Druckwasser	Siedewasser	Druckwasser	Siedewasser
Reaktorlieferant	Westinghouse	Westinghouse	GE	KWU	GE
Turbinenlieferant	BBC	BBC	BBC	KWU	BBC
Generatordaten [MVA]	2-228	2-228	2-214	1250	1360
Kühlung	Flusswasser	Flusswasser	Flusswasser	Kühlturm	Kühlturm
Kommerzielle Inbetriebnahme	1969	1972	1972	1979	1984

**Tabelle 1:**  
Hauptdaten  
der schweizerischen  
Kernkraftwerke 2019

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	8819	8759	9209	23448	26680
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	2855	2827	3093	7743	8820
Abgegebene thermische Energie [GWh]	150,1	13,6	0	226,9	-
Zeitverfügbarkeit <sup>1</sup> [%]	89,6	88,9	96,8	89,4	89,0
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	10,3	11,2	0	6,0	8,6
Arbeitsausnutzung <sup>2</sup> [%]	89,4	88,5	93,9	88,8	82,9
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	1	0	0	0	3
Unvorhergesehenes Abfahren der Anlage	0	0	0	2	1
Störungsbedingte Leistungsreduktionen <sup>3</sup> (> 10% P <sub>N</sub> )	1	2	0	1	0

**Tabelle 2:**  
Betriebsdaten der  
schweizerischen  
Kernkraftwerke 2019

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

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

<sup>3</sup> > 10% P<sub>N</sub> an der Tagesleistung gemessen

	KKB 1 + 2	KKM	KKG	KKL
Reaktoroperateur	36 (41)	19 (19)	31 (33)	24 (24)
Schichtchef	27 (25)	15 (16)	19 (17)	15 (16)
Pikettingenieur	14 (17)	8 (8)	12 (13)	16 (14)
Strahlenschutzsachverständiger	8 (8)	5 (5)	4 (4)	4 (6)
Strahlenschutzfachkraft	11 (10)	12 (13)	5 (7)	9 (9)
Strahlenschutztechniker	6 (6)	9 (8)	6 (5)	6 (6)
Gesamtbelegschaft (Personen)	456 (449)	307 (312)	553 (535)	497 (509)

**Tabelle 3:**  
Bestand an zulassungs-  
pflichtigem Personal  
und Gesamtbelegschaft  
in den Kernkraftwerken  
(ohne Lernende) Ende  
2019 (in Klammern  
Werte von 2018)

**Tabelle 4:**  
Meldepflichtige  
Vorkommnisse im  
Bereich der nuklearen  
Sicherheit 2019

Datum	KKW	Vorkommnis	Einstufung INES
8.1.2019*	KKL	Nicht den Prüfvorgaben entsprechende Neutronendosisleistungsmessgeräte	0
11.1.2019*	KKM	Verspätete Prüfung der Reaktivitätsdifferenz	0
1.2.2019	KKG	Leckage an einer Druckmessleitung	0
17.2.2019	KKG	Ausfall einer Messstelle der Fortluftüberwachung im Kamin	0
22.2.2019	KKL	Beschädigte Kopfgitterplatte an einem Brennelement	0
15.3.2019	KKG	Fehler in der Leittechnik eines Ventilantriebs	0
24.4.2019	KKL	Reaktorschnellabschaltung infolge fehlerhafter Druckmessung	0
26.4.2019	KKL	Ungeplante Abschaltung einer Reaktorumwälzpumpe	0
12.5.2019	KKL	Reaktorschnellabschaltung infolge fehlerhafter Druckmessung	0
12.5.2019*	KKB1	Leckage an einer Borsäureumwälzleitung	0
12.5.2019	KKB2	Verspätete Prüfung eines Notstromdiesels	0
13.5.2019*	KKG	Nicht auf Eignung bei Störfallbedingungen geprüfte Druckmessumformer	1
11.6.2019	KKG	Beschädigte Abstandhalter an einem Brennelement	0
18.6.2019	KKB1	Startversagen einer Umwälzpumpe	0
18.6.2019	KKL	Leckage an einer Entleerungsleitung	0
21.6.2019	KKL	Zu hoher Spannungseinbruch beim Start einer Pumpe	0
4.7.2019	KKL	Ausfall eines Regelventils der Kernumwälzung	0
14.7.2019	KKL	Fehlerhafte Leckagemessung im Reaktorwasser-Reinigungssystem	0
26.7.2019	KKG	Kurzschluss in einem 10-kV-Schalter	0
6.8.2019	KKB	Leistungsreduktion KKB 1 und 2 sowie Reaktorschnellabschaltung KKB 1 nach Störung im externen Netz	0
13.8.2019	KKB2	Vorzeitige Freischaltung einer Zwischenkühlpumpe	0
20.9.2019	KKL	Leckage an einer Entleerungsleitung	0
23.9.2019	KKB2	Leistungsreduktion infolge Fehlhandlung bei einer Prüfung	0
24.9.2019	KKB2	Fehlfunktion beim Fahren eines Steuerstabs	0
21.10.2019	KKG	Spannungslose Notstromschiene	0
25.10.2019**	KKM	Beschädigte Abstandhalter an Brennelementen	0
13.11.2019*	KKG	Schwergängige Armatur infolge Deformation	0
2.12.2019	KKB2	Ausfall eines Kanals der Neutronenflussmessung	0
12.12.2019	KKB	Defekte Schleusendichtungen	0
28.12.2019	KKL	Reaktorschnellabschaltung nach einer Störung in der Turbinenüberwachung	0

\* Datum, an dem die Meldepflicht erkannt wurde

\*\* Das Vorkommnis umfasst an zwei Daten festgestellte Schäden an Abstandhaltern an Brennelementen. Angegeben ist das erste Datum.

	KKB 1		KKB 2		KKG		KKL		KKM	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Aktionen										
Brennelement-Wechsel										
Revisionsstillstand	66	205	34	267	250	195	1014	925	389	-
Leistungsbetrieb*	24	44	26	43	50	91	358	356	211	230
Total	90	249	60	310	300	286	1372	1281	600	230

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

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

	unkonditioniert			konditioniert		
	Anfall	Auslagerung <sup>1</sup>	Bestand	Produktion	Auslagerung <sup>2</sup>	Bestand
PSI	45	25 <sup>3</sup>	624	14	-	1607
KKB	33	33	28	6	-	1199
KKM	16	11	62	17	44	797
KKG	17	16	18	10	3	109
KKL	55	55	5	11	22	1401
Total	166	140	737	58	69	5113
Anzahl Behälter mit Brennelementen im KKB				-	-	13

**Tabelle 6:**  
Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und bei der Bundessammelstelle am PSI per 31.12.2019 (inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung), Bruttovolumina gerundet in m<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bruttovolumen der im Berichtsjahr zur Zwiilag transferierten Abfälle für die Behandlung in der Plasma-Anlage und der Konditionierungsanlage

<sup>2</sup> Transfer konditionierter Abfälle zur Zwischenlagerung bei der Zwiilag

<sup>3</sup> Grosskomponente zum Bearbeiten bei der Zwiilag, geht danach an PSI zurück

	unkonditioniert			konditioniert
	Anfall	Annahme zur Konditionierung bzw. Triage <sup>2</sup>	Bestand	Produktion
Verarbeitung [m <sup>3</sup> ]	43 <sup>1</sup>	221	198 <sup>3</sup>	30
<b>Bestand (konditionierte Abfälle)</b>		<b>Einlagerung</b>	<b>Auslagerung</b>	<b>Bestand</b>
Bruttovolumen konditionierter Abfälle <sup>4</sup> [m <sup>3</sup> ]		100	-	2351
Anzahl Behälter mit Brennelementen		4	-	46
Anzahl Behälter mit Glaskokillen		-	-	23
Anzahl Behälter mit Lucens-Abfällen		-	-	6

**Tabelle 7:**  
Radioaktive Abfälle in den Anlagen der Zwiilag per 31.12.2019

<sup>1</sup> Hierin enthalten sind:

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

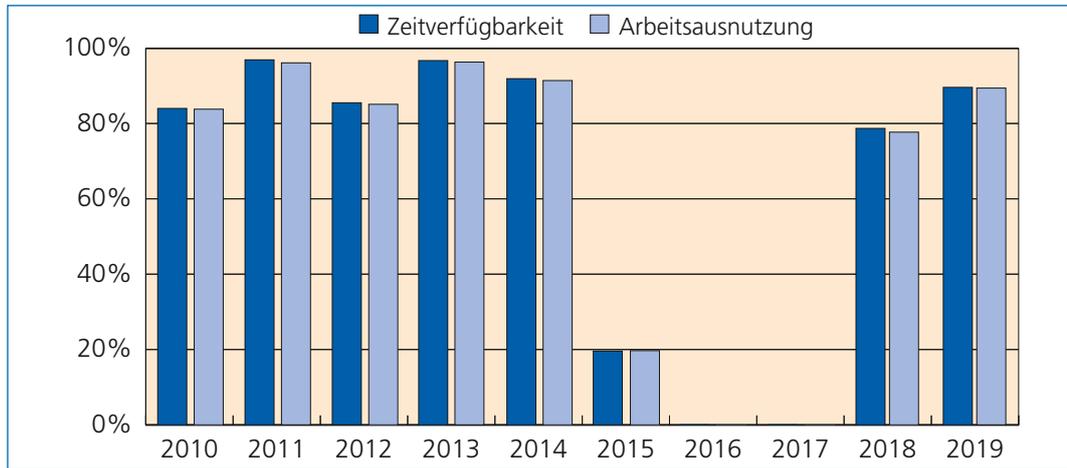
<sup>2</sup> Nur teilweise radioaktiver Abfall

<sup>3</sup> Hierin enthalten sind 38 Gebinde (8 m<sup>3</sup>) mit leicht angereichertem uranhaltigem Material aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens.

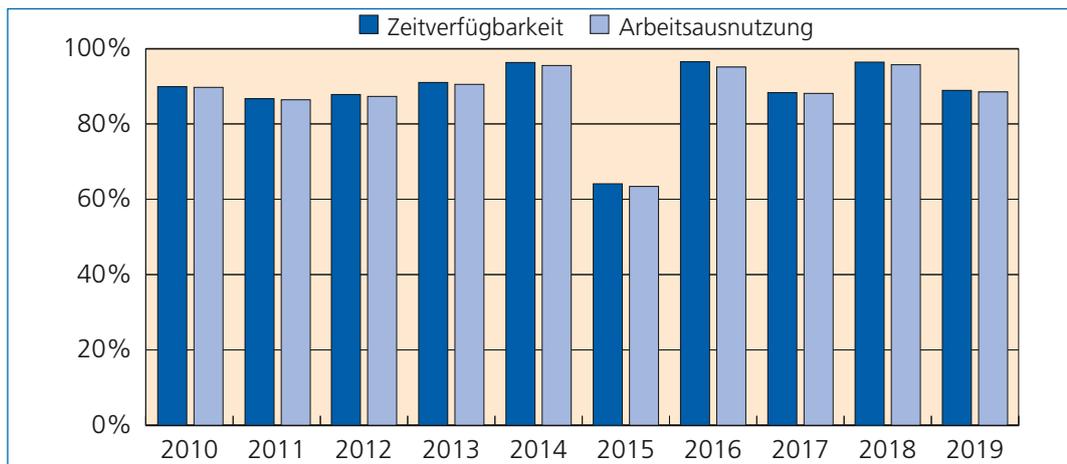
<sup>4</sup> Alle Lagerteile der Zwiilag ausgenommen separat aufgeführtem Bestand des HAA-Lagers

**Figur 1:**  
Zeitverfügbarkeit  
und Arbeitsausnutzung  
2010-2019

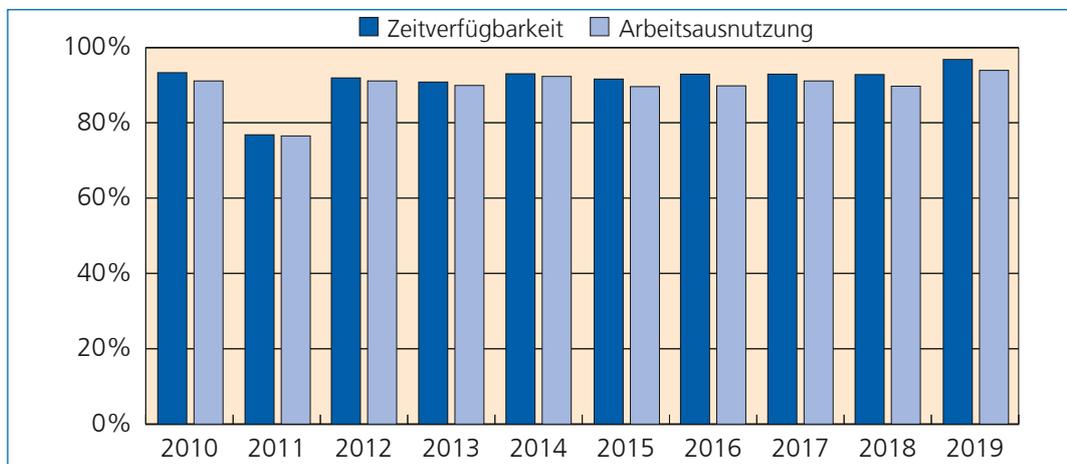
KKB 1

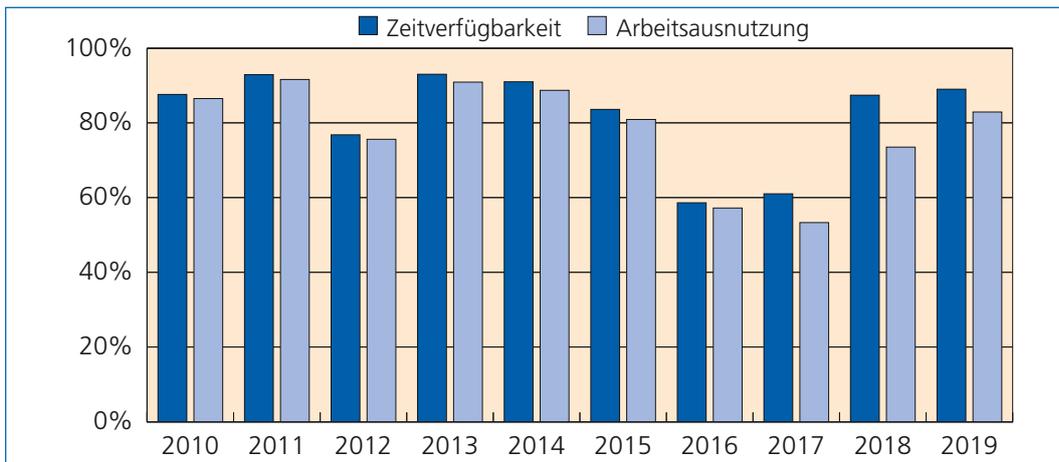
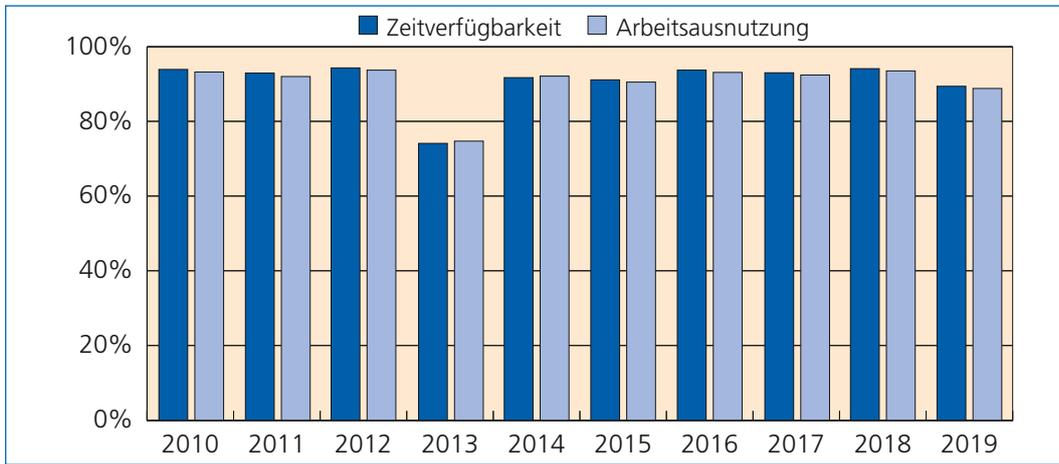


KKB 2



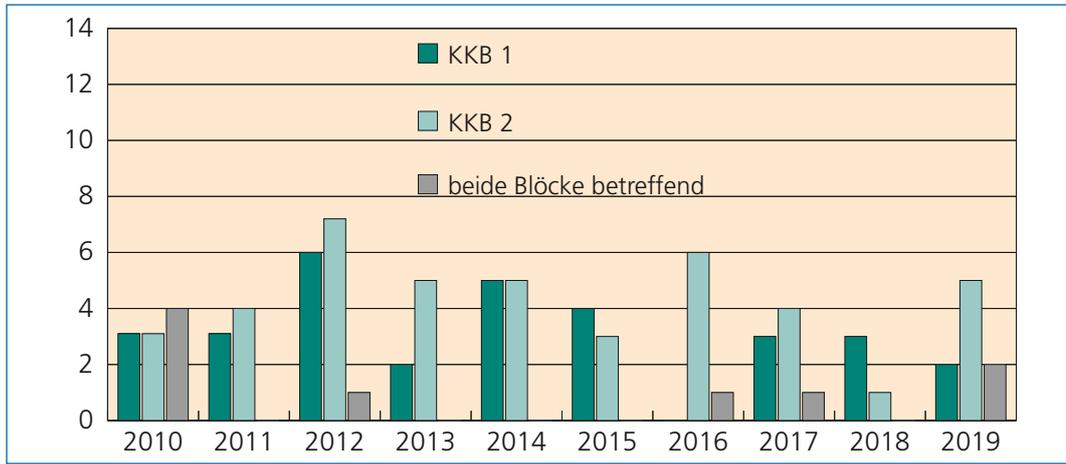
KKM



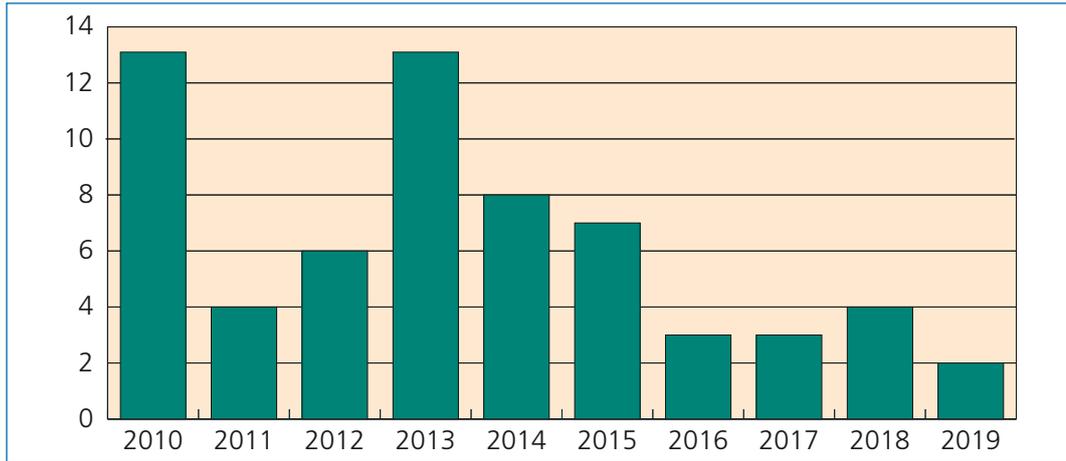


**Figur 2:**  
Meldepflichtige  
Vorkommnisse im  
Bereich der nuklearen  
Sicherheit 2010–2019

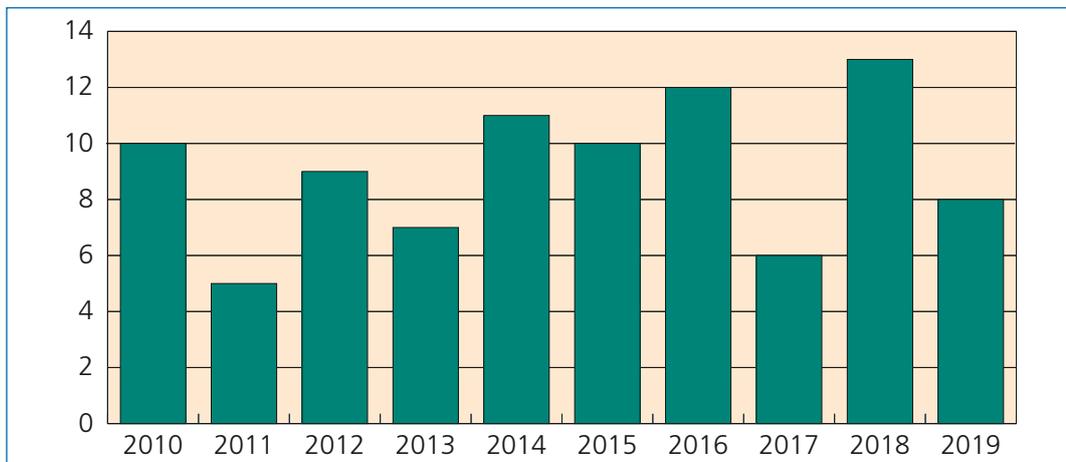
KKB 1 + 2



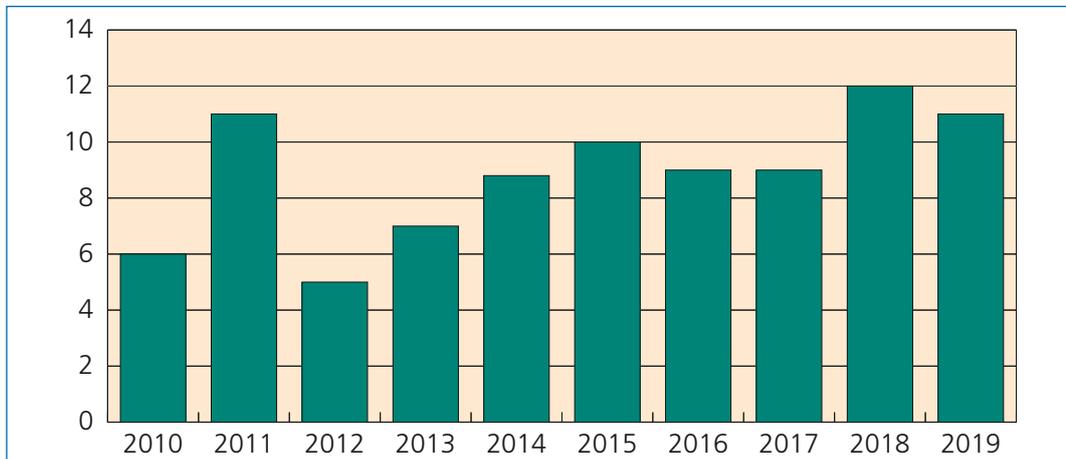
KKM

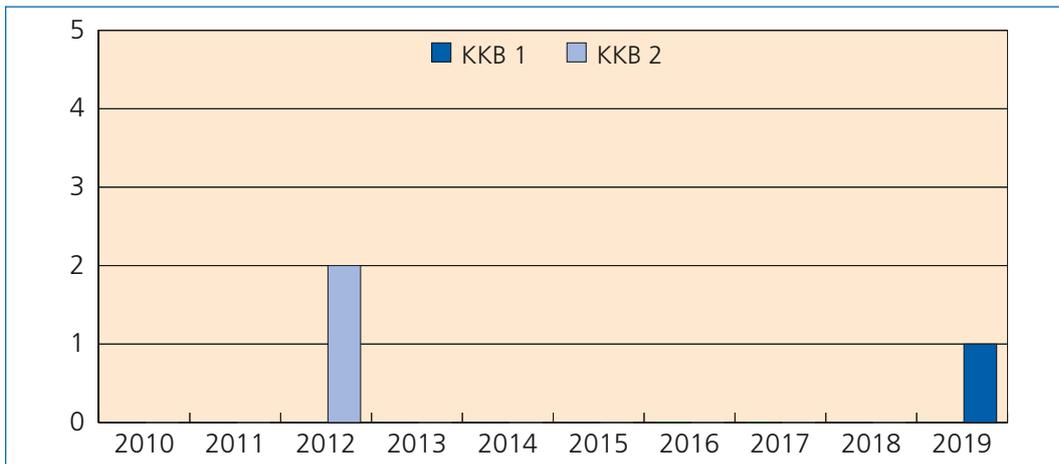


KKG



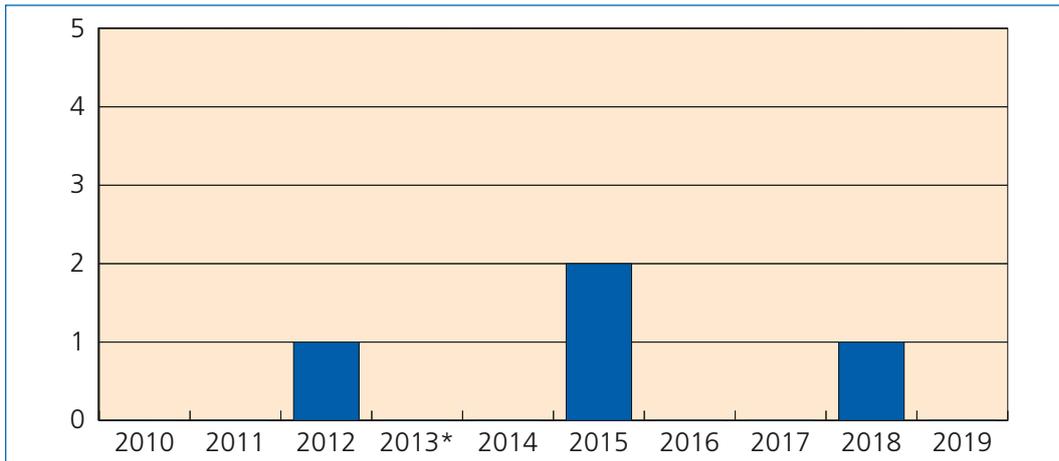
KKL





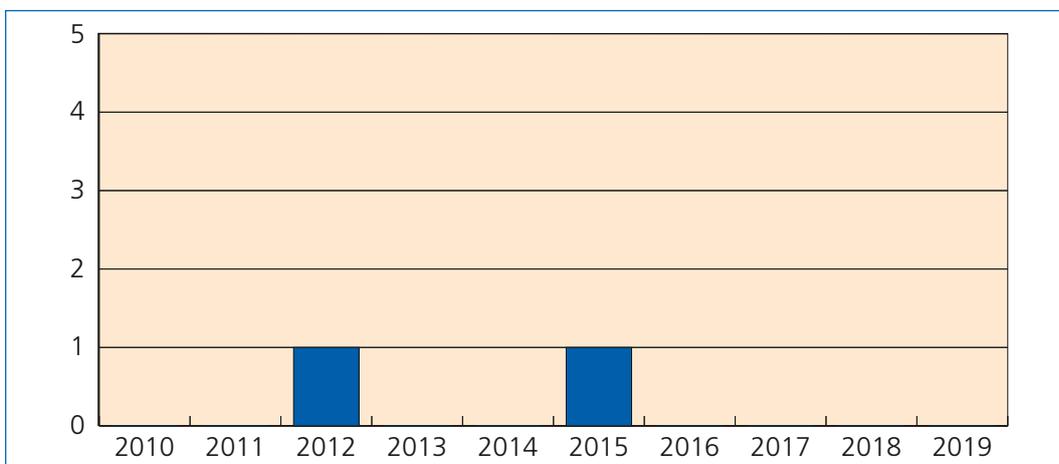
Figur 3:  
Ungeplante Reaktor-  
schnellabschaltungen  
(Scrams) 2010–2019

KKB 1 + 2

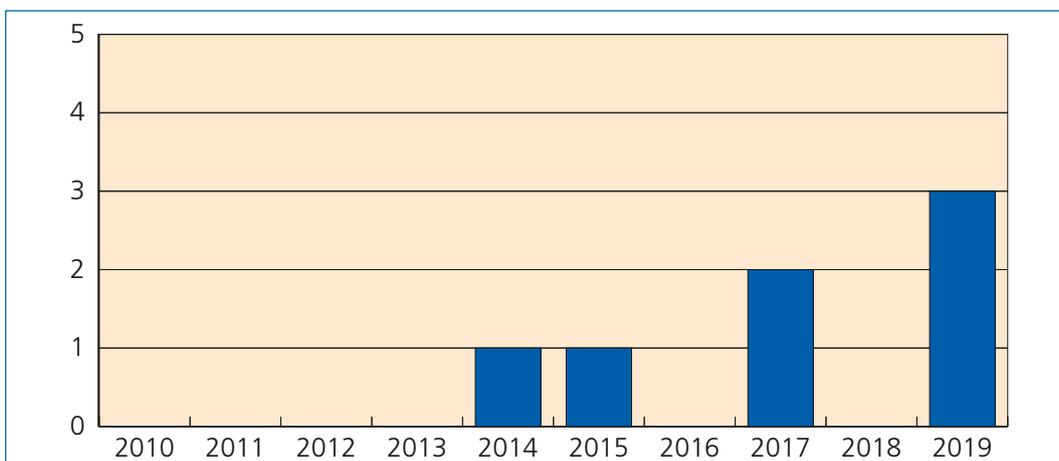


KKM

\* Scram bei  
Kritikalitätstest  
vor Brennele-  
ment-Wechsel  
bei Nullleistung



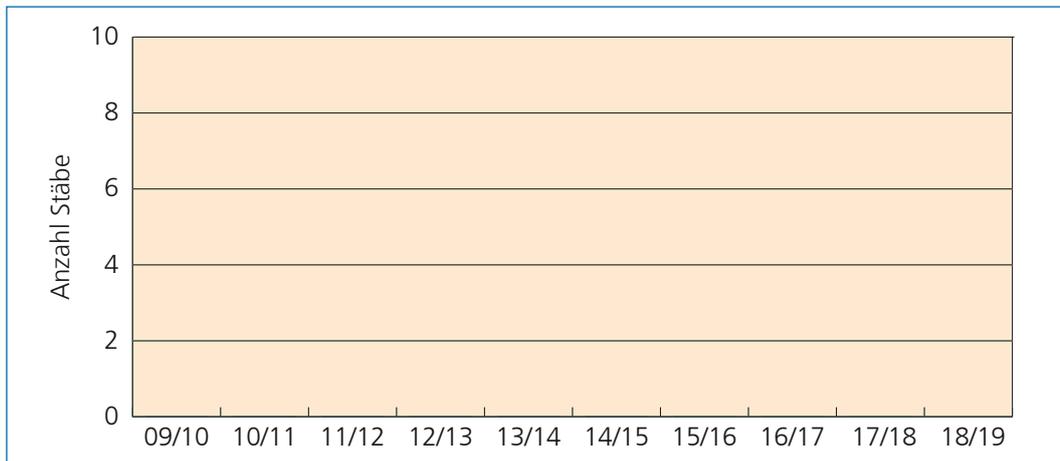
KKG



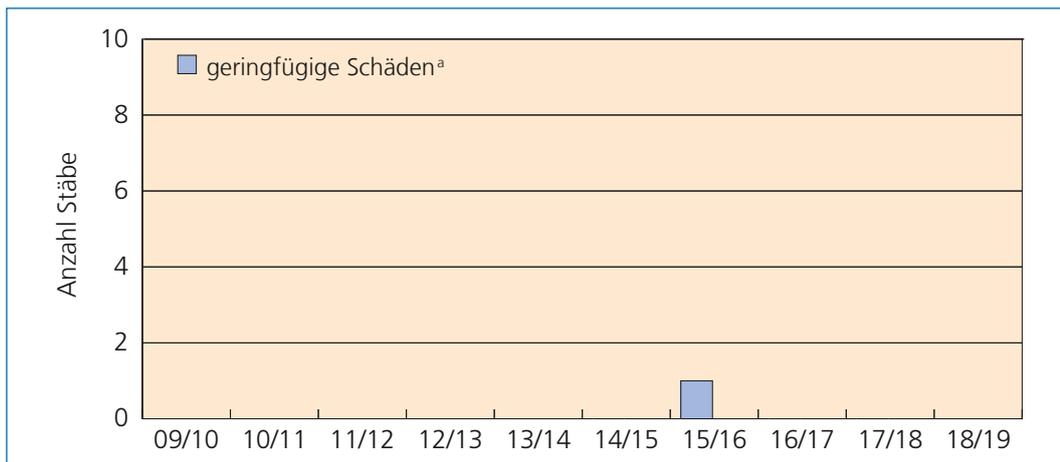
KKL

**Figur 4:**  
Brennstabschäden  
(Anzahl Stäbe)  
2010-2019

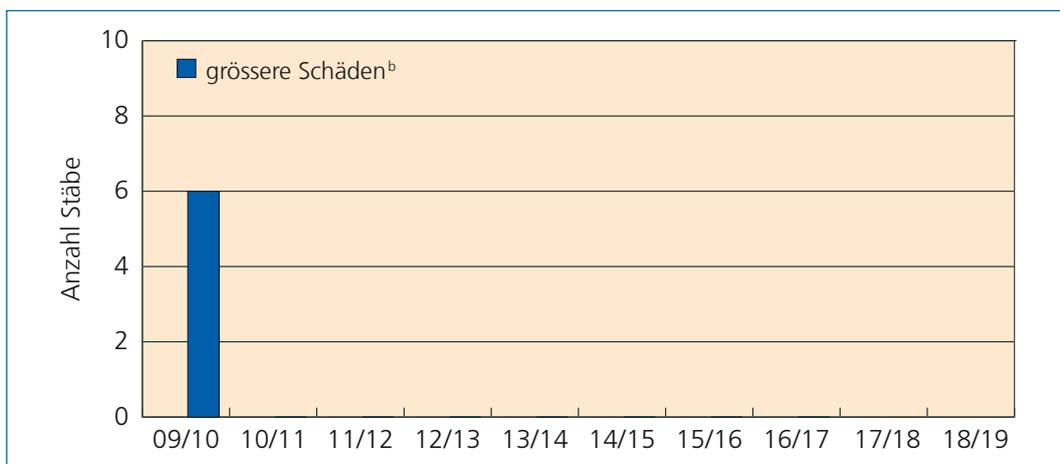
KKB 1 + 2



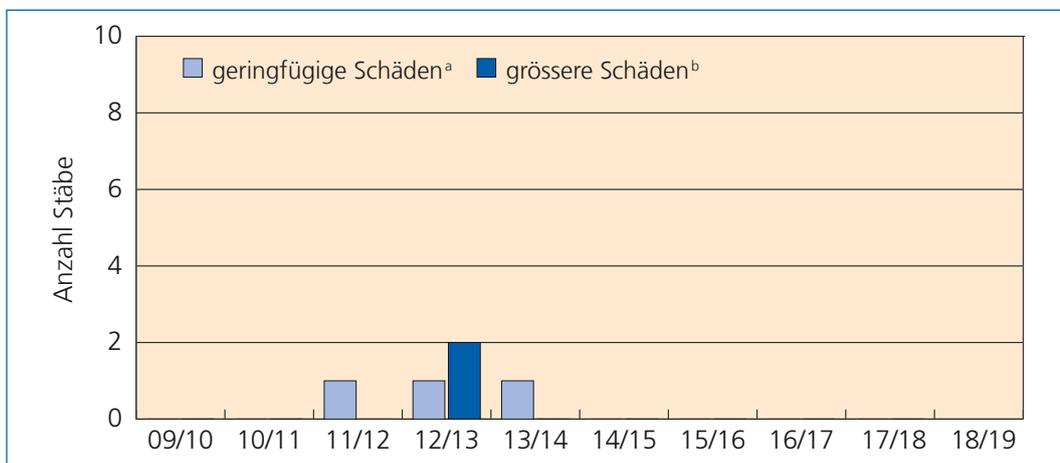
KKM



KKG

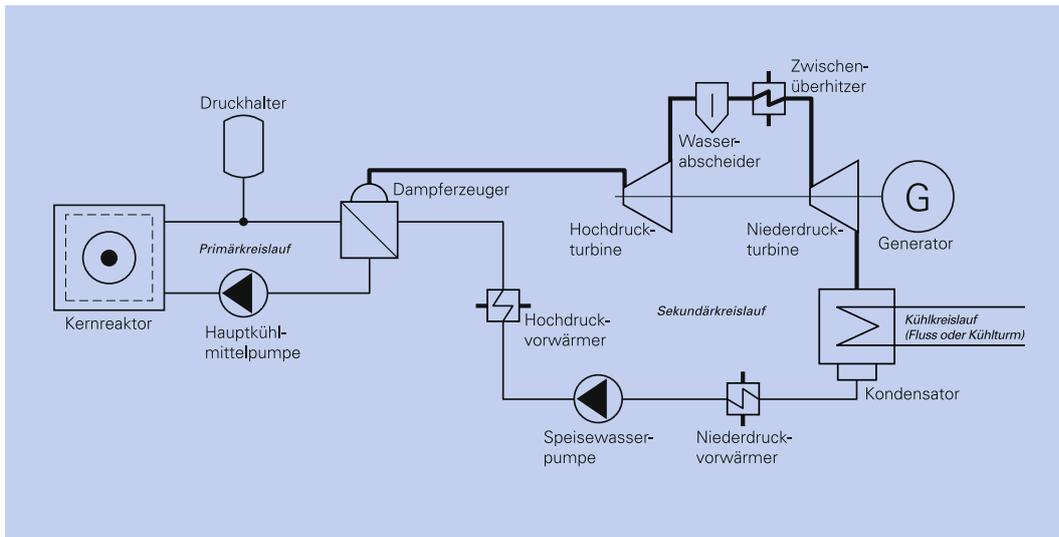


KKL

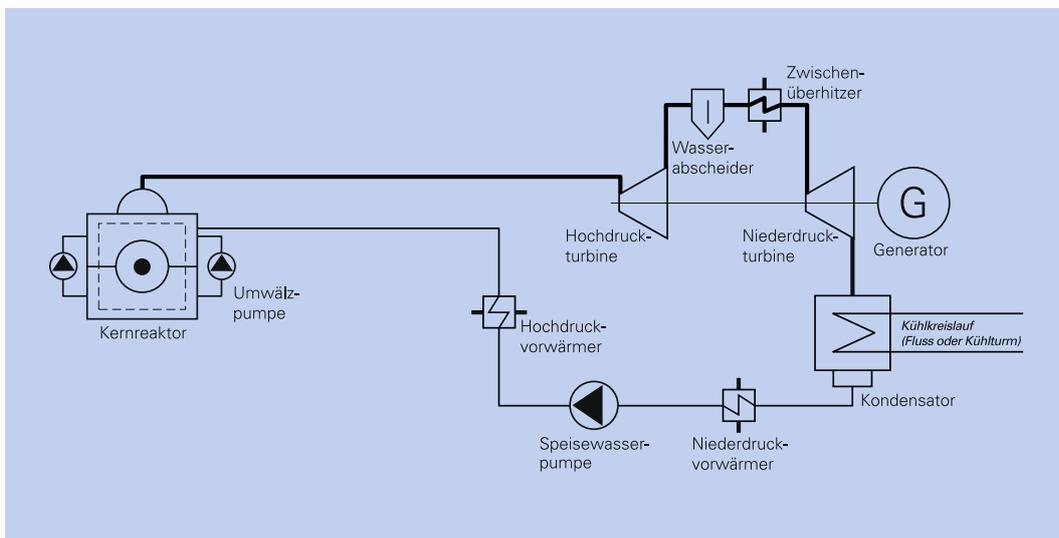


<sup>a</sup> z. B. Haarrisse  
im Hüllrohr

<sup>b</sup> 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  
5200 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-10650  
ISSN 1661-2876

© ENSI, Juni 2020

ENSI-AN-10650  
ISSN 1661-2876

ENSI, Industriestrasse 19, 5200 Brugg, Schweiz, Telefon +41 56 460 84 00, [info@ensi.ch](mailto:info@ensi.ch), [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)