



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 2009

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

Aufsichtsbericht 2009

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

Rapport de Surveillance 2009

sur la sécurité nucléaire dans les installations nucléaires en Suisse

Regulatory Oversight Report 2009

concerning nuclear safety in Swiss nuclear installations

Inhalt

Vorwort	4
<i>Préface</i>	8
<i>Preface</i>	11
Zusammenfassung und Übersicht	15
<i>Résumé et aperçu</i>	18
<i>Summary and overview</i>	21
Organigramm	24
1. Kernkraftwerk Beznau	25
1.1 Überblick	25
1.2 Betriebsgeschehen	26
1.3 Anlagentechnik	30
1.4 Strahlenschutz	32
1.5 Radioaktive Abfälle	33
1.6 Notfallbereitschaft	33
1.7 Personal und Organisation	34
1.8 Sicherheitsbewertung	34
2. Kernkraftwerk Mühleberg	39
2.1 Überblick	39
2.2 Betriebsgeschehen	40
2.3 Anlagentechnik	41
2.4 Strahlenschutz	44
2.5 Radioaktive Abfälle	45
2.6 Notfallbereitschaft	46
2.7 Personal und Organisation	47
2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung 2005	47
2.9 Sicherheitsbewertung	47
3. Kernkraftwerk Gösgen	49
3.1 Überblick	49
3.2 Betriebsgeschehen	50
3.3 Anlagentechnik	52
3.4 Strahlenschutz	54
3.5. Radioaktive Abfälle	55
3.6 Notfallbereitschaft	56
3.7 Personal und Organisation	56
3.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung	57
3.9 Sicherheitsbewertung	57
4. Kernkraftwerk Leibstadt	59
4.1 Überblick	59
4.2 Betriebsgeschehen	60
4.3 Anlagentechnik	61
4.4 Strahlenschutz	65
4.5 Radioaktive Abfälle	66
4.6 Notfallbereitschaft	67
4.7 Personal und Organisation	68
4.8 Sicherheitsbewertung	68

5.	Zentrales Zwischenlager Würenlingen	71
5.1	Zwischenlagergebäude	71
5.2	Konditionierungsanlage	72
5.3	Plasma-Anlage	72
5.4	Strahlenschutz	73
5.5	Notfallbereitschaft	74
5.6	Personal und Organisation	74
5.7	Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen	74
5.8	Vorkommnisse	75
5.9	Gesamtbeurteilung	75
6.	Paul Scherrer Institut (PSI)	77
6.1	Die Kernanlagen des PSI	77
6.2	Forschungsreaktor PROTEUS	77
6.3	Hotlabor	78
6.4	Stillgelegte oder im Rückbau stehende Kernanlagen	79
6.5	Behandlung radioaktiver Abfälle	79
6.6	Lagerung radioaktiver Abfälle	80
6.7	Strahlenschutz	81
6.8	Notfallbereitschaft	81
6.9	Personal und Organisation	81
6.10	Strahlenschutz-Schule	82
6.11	Gesamtbeurteilung	82
7.	Weitere Kernanlagen	83
7.1	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	83
7.2	Universität Basel	84
8.	Transport von radioaktiven Stoffen	85
8.1	Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	85
8.2	Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	85
8.3	Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung	85
8.4	Transport bestrahlter Brennelemente und verglaste hochaktiver Abfälle	86
8.5	Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	86
8.6	Inspektionen und Audits	86
9.	Neue Kernkraftwerke	89
10.	Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle	91
10.1	Sachplan geologische Tiefenlager	91
10.2	Felslaboratorien	94
10.3	Internationaler Wissenstransfer	95
11.	Anlagenübergreifende Themen	97
11.1	Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management	97
11.2	Joint Convention	101
	Anhang	103
	Verzeichnis der Abkürzungen	133

Vorwort



Aufsicht im Wandel

Das ENSI hat den Betrieb der schweizerischen Kernanlagen im Jahr 2009 wie in den vorangehenden Jahren als sicher beurteilt. Und trotzdem war das Jahr 2009 aus Sicht der nuklearen Sicherheit nicht optimal. Die Sicherheit der Kernkraftwerke Leibstadt und Mühleberg wurde vom ENSI aufgrund der systematischen Sicherheitsbewertung mit gut bewertet. Beide Anlagen konnten den hohen Sicherheitsstand der letzten drei Jahre halten. Für Leibstadt ist aufgrund der vorliegenden Daten eine Verbesserung der nuklearen Sicherheit in den letzten Jahren erkennbar. Für die Kernkraftwerke Beznau und Gösgen konnte das ENSI für 2009 lediglich das Prädikat «ausreichend» vergeben. Die Gründe liegen bei beiden Anlagen in Defiziten bei Organisation und Qualitätssicherung, die im Falle Beznau zu einer unzulässigen Bestrahlung von zwei Mitarbeitenden führte. Im Falle Gösgens kritisierte das ENSI die ungenügende hinterfragende Haltung nach dem praktisch gleichzeitigen Ausfall zweier gleicher Komponenten in zwei Sicherheitssträngen. Ebenso kritisierte das ENSI die Qualität einzelner eingereichter Dokumente und Berichte, was umfangreiche Nachbesserungen erforderte. Qualität der Arbeit und Dokumente sowie die hinterfragende Haltung für alle Tätigkeiten in einem

Kernkraftwerk sind tragende Pfeiler der nuklearen Sicherheit.

Noch vor einigen Jahren wären die sicherheitstechnischen Bewertungen für die Anlagen Beznau und Gösgen anders ausgefallen. Für Beznau wäre es zwar ein meldepflichtiges Vorkommnis gewesen, das aber aufgrund damals höherer Grenzwerte lediglich mit INES 0 und nicht wie letztes Jahr mit INES 2 bewertet worden wäre. Themen der hinterfragenden Haltung und Qualität von Berichten waren vor Jahren noch kaum ein Thema bei der Aufsicht und gleichzeitige Ausfälle zweier gleicher Komponenten auf dieselbe Weise (sogenannte Common-Mode-Fehler) noch weniger. Dies zeigt deutlich, dass die Aufsicht strenger geworden ist und die Anforderungen an die nukleare Sicherheit in den letzten Jahren stetig gewachsen und herausfordernder geworden sind.

Zu Beginn der Kernenergie in den 60er- und 70er-Jahren konzentrierte man sich mehrheitlich auf die Technik. Man war überzeugt, dass eine technisch gute Auslegung eines Kernkraftwerks genügt, um den sicheren Betrieb zu gewährleisten. Der Unfall im Block 2 des amerikanischen Kernkraftwerks Three Mile Island von 1979 machte deutlich, dass der Mensch eine wichtige Sicherheitsfunktion hat. Er kann Fehler machen, die die Anlage nicht mehr korrigieren kann. Der Unfall in Tschernobyl im Jahre 1986 zeigte schliesslich, welche dramatischen Konsequenzen grundlegende technische Auslegungsfehler sowie das in der damaligen Sowjetunion übliche hierarchische Denken haben können. Das Fehlen einer sicherheitsgerichteten Organisationskultur war ein entscheidender Auslöser des Unfalls.

Heute berücksichtigt die Aufsicht die Erkenntnis, dass die nukleare Sicherheit vom Menschen, der die Anlage baut, bedient und unterhält, von der Organisationskultur, in der diese Menschen arbeiten und natürlich von der technischen Auslegung und Ausführung der Anlage massgebend abhängt. Man spricht deshalb vom sogenannten

MTO-Prinzip (Mensch-Technik-Organisation) der nuklearen Sicherheit. Dieses Prinzip ist heute auch in den gesetzlichen Vorgaben und dem nachgeordneten Regelwerk abgebildet. Noch vor wenigen Jahren gab es praktisch nur Vorgaben zur technischen Ausführung und zum technischen Unterhalt einer Anlage. Anforderungen an das Personal und gar die Organisation waren kaum zu finden.

Auf internationaler Ebene hat die «International Atomic Energy Agency» (IAEA) mit Sitz in Wien die Federführung bei der Festlegung der Sicherheitsanforderungen für den Bau, Betrieb und Rückbau von Kernanlagen sowie für den Transport radioaktiver Stoffe und die Entsorgung radioaktiver Abfälle übernommen. In zahlreichen Richtlinien sind die Anforderungen festgehalten und die IAEA-Mitgliederländer sind angehalten, diese Anforderungen in ihr nationales Regelwerk zu übernehmen. Diese Anforderungen werden kontinuierlich dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik angepasst und reflektieren den aktuellen Sicherheitsstandard. Auf europäischer Ebene hat die WENRA (Western European Nuclear Regulators' Association) auf der Basis der IAEA-Anforderungen sogenannte «Safety Reference Levels» (SRL) festgelegt, die von den Mitgliedern in ihr Regelwerk aufzunehmen sind. Die WENRA will innerhalb Europas vergleichbare Sicherheitsanforderungen umsetzen und so die Sicherheit auf einem hohen Niveau harmonisieren. Die WENRA-Mitglieder, darunter auch das ENSI, haben sich verpflichtet, bis Ende 2010 die SRL weitgehend in ihrem eigenen Regelwerk und in den Kernkraftwerken umzusetzen.

In der Schweiz ist mit dem 2005 in Kraft gesetzten neuen Kernenergiegesetz und der nachgeordneten Verordnung ein wichtiger Meilenstein gesetzt worden. Diese neuen gesetzlichen Grundlagen berücksichtigen das oben erwähnte MTO-Prinzip. In den nachgeordneten Richtlinien des ENSI sind die einzelnen gesetzlichen Artikel näher

ausgeführt. Das neue Regelwerk war und ist für das ENSI und für die Betreiber von Kernanlagen eine Herausforderung. Es legt grossen Wert auf Transparenz und Nachvollziehbarkeit der sicherheitstechnischen Massnahmen in einer Kernanlage, der Vorkommnisse, der Betriebserfahrung und der Sicherheitsanalysen. Zudem ist der Stand von Wissenschaft und Technik zu verfolgen und, wo sinnvoll und verhältnismässig, umzusetzen. Bei allen gesetzlichen Vorgaben darf aber nie vergessen werden, dass für die Sicherheit einer Kernanlage der Betreiber voll verantwortlich ist. Die Aufsichtsbehörde muss prüfen, dass der Betreiber seine Verantwortung wahrnimmt und die gesetzlichen Vorgaben einhält. Diese vom Gesetz verlangte Rollenverteilung ist in der Praxis nicht immer einfach umzusetzen. Der Stand von Wissenschaft und Technik, wie er beispielsweise von der IAEA und der WENRA festgelegt wird, verlangt zum Teil detaillierte technische Ausführungsvorgaben sowie organisatorische Regeln, die dem historisch gewachsenen System in der Schweiz nicht immer entsprechen. Das bedeutet letztendlich eine Verhaltens- und Kulturänderung – ein Prozess, der Zeit braucht. Er muss von der tiefen Überzeugung der Betroffenen getragen sein, dass diese Veränderung notwendig ist, um die Sicherheit der eigenen Anlage stetig zu verbessern. Nur durch den Anspruch, sich stetig zu verbessern, kann ein hoher Sicherheitsstand gehalten werden. Seitens ENSI müssen wir diesen Prozess fördern. Es ist unsere Aufgabe, den Betreibern den Spiegel vorzuhalten und ihnen aufzuzeigen, wo sie nach unserer Auffassung noch ein Verbesserungspotenzial haben. Die Sicherheit einer Kernanlage liegt eben auch in den Details. Es ist wichtig, dass der Betreiber sich dessen immer bewusst ist und die hinterfragende Haltung bei allem Tun wach hält. Gerade bei Tätigkeiten, die wiederholt durchgeführt werden, ist die Gefahr einer nicht mehr hinterfragenden Routine vorhanden. Bei den wenigen grösseren technischen Störfällen, die in den letzten Jahren weltweit re-

gistriert wurden, konnte man immer wieder feststellen, dass gerade dieses ständige infragestellen nicht wirklich gelebt wurde und so eine grössere Störung erst möglich machte. Persönlich bin ich überzeugt, dass ein schwerer Unfall sich nur ereignen kann, wenn in einer Organisation den kleinen Störungen und Unaufmerksamkeiten zu wenig Beachtung geschenkt und zu wenig daraus gelernt wird.

In den Anlagen Leibstadt und Beznau hat man vor wenigen Jahren sogenannte Sicherheits-Controller eingesetzt, deren primäre Aufgabe es ist, die Betriebsabläufe, die Störungen und das Verhalten des Betriebspersonals ständig zu hinterfragen. Dies ist ein Schritt in die richtige Richtung, auch wenn dadurch nicht alle Fehler verhindert werden können, wie das das INES-2-Vorkommnis in Beznau zeigt. Auch die durch internationale Expertenteams der WANO (World Association of Nuclear Operators) oder der IAEA durchgeführten dreiwöchigen intensiven Überprüfungen (Peer Reviews) gehen in die gleiche Richtung: den Betrieb kritisch hinterfragen und dem Betreiber den Spiegel vorhalten.

Selbstredend gilt für die Behörde das Gleiche wie für die Betreiber. Auch das ENSI lässt sich immer wieder von kritischen Experten unter die Lupe nehmen. Die EU hat kürzlich eine Verordnung verabschiedet, die verlangt, dass sich die nuklearen Aufsichtsbehörden alle zehn Jahre einer internationalen, von der IAEA geleiteten Überprüfung unterziehen. Die Schweiz wird sich auch als Nicht-EU-Mitglied dieser Forderung stellen. Die nächste Überprüfung des ENSI durch die IAEA ist für Herbst 2011 vorgesehen.

Die Aufsicht hat sich in den letzten Jahren mit den steigenden Anforderungen gewandelt. Sie konzentriert sich heute nicht nur auf die Vorkommnisse und freigabepflichtigen Änderungen, sondern auch mehr und mehr auf die Beobachtung des Betriebsalltags. Sie hat klare Erwartungen hinsichtlich Qualität und Transparenz der Informa-

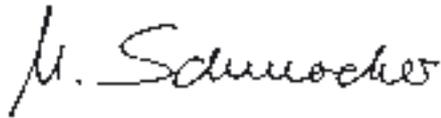
tionen des Betreibers und verlangt von ihm eine sich selbst hinterfragende und sicherheitsgerichtete Unternehmenskultur. Nur so ist ein Langzeitbetrieb der heutigen Kernkraftwerke zu verantworten. Dass zusätzlich die technische Sicherheit dem Stand von Wissenschaft und Technik soweit sinnvoll und verhältnismässig angepasst werden muss, ist selbstverständlich.

Beim allfälligen Bau neuer Kernkraftwerke in der Schweiz würde ein neues Kapitel in der Aufsicht aufgeschlagen. Die sicherheitstechnischen Anforderungen für neue Kernkraftwerke sind höher als für bestehende. Sie müssen den zum Zeitpunkt des Baus aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik umsetzen und darüber hinaus auch vorausschauend mögliche Entwicklungen in der Technik und Belastungen durch externe Einwirkungen soweit als möglich berücksichtigen. Dies ist auch der Grund, weshalb beim Rahmenbewilligungsverfahren für neue Kernkraftwerke die Standortbeurteilung umfassend neu bewertet wird, auch wenn an diesen Standorten bereits Kernkraftwerke im Betrieb sind. Die Fortschritte in der Erdbebenforschung und die durch die Klimaerwärmung bedingten meteorologischen Änderungen (Überflutung, Unwetter) sind zu beachten. Neue Kernkraftwerke werden deshalb vom technischen Stand aus eine höhere Sicherheit aufweisen als die bestehenden. Doch auch bei neuen Anlagen gilt: Der sichere Betrieb verlangt ein ständiges Engagement während der ganzen Betriebsdauer. Hier spielen neben der Technik wiederum die Sicherheitskultur der Organisation sowie die Kompetenz und das sicherheitsgerichtete Denken jedes Mitarbeitenden die tragende Rolle. Die Entscheidung für oder gegen einen Neubau wird in der Schweiz voraussichtlich das Stimmvolk fällen.

Zum Schluss noch ein Wort in eigener Sache. Nach über acht Jahren als Direktor der HSK und des ENSI werde ich die Leitung des ENSI auf den 1. September 2010 an meinen Nachfolger Dr. Hans Wanner übergeben. Es waren acht spannende und heraus-

fordernde Jahre. Intern war der Übergang von der HSK ins ENSI ein markanter Schritt, der uns heute die notwendige Unabhängigkeit bringt, wie sie auch international verlangt wird. Das neue Kernenergiegesetz und die neue Kernenergieverordnung haben unsere Aufsicht nachhaltig umgestaltet und geprägt. Mit der neuen Energiepolitik des Bundes wurde der Neubau von Kernkraftwerken unvermittelt wieder ein Thema, das uns seit Mitte 2007 viel Arbeit bescherte und dies auch noch weiterhin tun wird. Erfreulich ist der Fortschritt im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle mit

der Umsetzung des Sachplanverfahrens. Mit diesem transparenten und offen geführten Verfahren wird die Wahl von Standorten für geologische Tiefenlager für die Bevölkerung nachvollziehbarer. Ich wünsche Hans Wanner eine genauso spannende und herausfordernde Zukunft mit dem ENSI.



U. SCHMOCKER

Préface

La surveillance change

Comme les années précédentes, l'IFSN a jugé sûre l'exploitation des centrales nucléaires suisses en 2009. Et pourtant l'année 2009 n'a pas été optimale du point de vue de la sécurité nucléaire. Sur la base de l'évaluation systématique de la sécurité, l'IFSN a jugé bonne la sécurité des centrales nucléaires de Leibstadt et de Mühleberg. Les deux installations ont conservé le niveau de sécurité élevé de ces trois dernières années. Sur la base des données disponibles, on observe même pour Leibstadt une amélioration de la sécurité nucléaire ces dernières années. Mais l'IFSN n'a pu donner en 2009 que la note «suffisant» aux centrales de Beznau et de Gösgen, en raison de déficits identifiés dans l'organisation et l'assurance de la qualité, qui ont conduit, dans le cas de Beznau, à une irradiation inadmissible de deux collaborateurs. Concernant Gösgen, l'IFSN a critiqué la remise en question insuffisante qui a suivi la défaillance quasi simultanée de deux mêmes composants dans deux trains de sécurité redondants. Elle a critiqué aussi la qualité de certains documents et rapports qui ont nécessité d'importantes corrections. La qualité du travail et des documents ainsi que l'attitude de remise en question dans toutes les activités d'une centrale nucléaire sont les piliers de la sécurité nucléaire.

Il y a quelques années encore, les évaluations de la sécurité des installations de Beznau et de Gösgen se seraient déroulées autrement. Pour Beznau, on aurait eu certes un événement notifiable mais qui, en raison de valeurs limites alors plus élevées, aurait été évalué INES 0 et non INES 2 comme cela a été le cas en 2009. La remise en question et la qualité des rapports ne faisaient alors guère partie des domaines de surveillance, les défaillances simultanées et similaires de deux mêmes composants (appelées défaillances de mode commun) encore moins. Cela démontre bien que la surveillance tend à être plus sévère et que les impératifs de sécurité nucléaire sont devenus toujours

plus nombreux et exigeants ces dernières années. Au début de l'énergie nucléaire dans les années 60 et 70, on se concentrait essentiellement sur la technique. On était convaincu que la bonne conception technique d'une centrale nucléaire suffisait à garantir son fonctionnement sûr. L'accident de la centrale américaine de Three Miles Island 2 (TMI 2) en 1979 a montré que les hommes avaient une importante fonction de sécurité à remplir. Ils peuvent faire des erreurs que l'installation ne peut plus corriger. L'accident de Tchernobyl en 1986 a révélé ensuite de manière dramatique les conséquences que pouvaient avoir des erreurs fondamentales de conception technique et la pensée hiérarchique soutenues alors en Union soviétique. L'absence d'une culture d'organisation orientée sur la sécurité a eu un effet déterminant dans l'accident.

Aujourd'hui, la surveillance reconnaît que la sécurité nucléaire dépend de manière déterminante des hommes qui construisent, exploitent et entretiennent l'installation, de la culture d'organisation au sein de laquelle ces hommes travaillent et bien sûr de la conception technique et de la réalisation de l'installation. C'est pourquoi on parle du principe HTO (Homme-Technique-Organisation) de la sécurité nucléaire. Ce principe figure aujourd'hui dans les exigences légales et les règles qui en découlent. Il y a encore quelques années, on ne trouvait quasiment que des exigences sur la réalisation et l'entretien techniques d'une installation; il y avait peu d'exigences posées au personnel ou à l'organisation.

Au niveau international, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) à Vienne assure le rôle de chef de file dans la fixation des impératifs de sécurité pour la construction, l'exploitation et le démantèlement d'installations nucléaires, ainsi que pour le transport de substances radioactives et la gestion des déchets radioactifs. De nombreuses directives fixent les exigences que les pays membres de l'AIEA sont tenus d'adopter dans

leurs règlements nationaux. Adaptées en permanence au niveau d'avancement de la science et de la technique, ces exigences sont le reflet du niveau de sécurité actuel. A l'échelle européenne, la WENRA (Western European Nuclear Regulators' Association) a fixé, sur la base des exigences de l'AIEA, des «Safety Reference Levels» (SRL) que les pays membres doivent adopter dans leurs règlements. Elle entend appliquer des impératifs de sécurité comparables partout en Europe et harmoniser ainsi la sécurité à un niveau élevé. Les membres de la WENRA, dont l'IFSN, se sont engagés à adopter les SRL dans leurs règlements et dans les centrales nucléaires d'ici fin 2010.

En Suisse, une importante étape a été franchie avec l'entrée en vigueur en 2005 de la nouvelle loi sur l'énergie nucléaire et de l'ordonnance sus-bordonnée. Ces nouvelles bases légales tiennent compte du principe HTO mentionné précédemment. Certains articles de loi sont développés plus en détail dans les directives de l'IFSN. La nouvelle réglementation reste un véritable défi pour l'IFSN et les exploitants d'installations nucléaires. Elle donne beaucoup d'importance à la transparence et à la reproductibilité des mesures de sécurité dans une installation nucléaire, des événements, de l'expérience d'exploitation et des analyses de sécurité. Par ailleurs, il faut suivre l'évolution de la science et de la technique et l'appliquer lorsqu'elle s'avère utile et proportionnée. Dans toutes les exigences légales, il ne faut toutefois jamais oublier que l'exploitant est entièrement responsable de la sécurité d'une installation nucléaire. L'autorité de surveillance doit contrôler que l'exploitant assume sa responsabilité et respecte les exigences légales. Cette répartition des rôles exigée par la loi n'est pas toujours simple dans la pratique. Le niveau de la science et de la technique tel qu'il est par exemple fixé par l'AIEA et la WENRA exige en partie des directives d'exécution techniques détaillées ainsi que des règles d'organisation qui ne correspondent pas toujours

au système mis en place historiquement en Suisse. Cela revient en fin de compte à un changement de comportement et de culture; ce processus a besoin de temps ainsi que de la conviction profonde des personnes concernées que ce changement est nécessaire à l'amélioration continue de la sécurité de leur propre installation. Seule l'exigence d'une amélioration continue permet de maintenir un niveau de sécurité élevé. L'IFSN doit favoriser ce processus. Nous avons pour tâche de montrer aux exploitants quelle est leur véritable situation et quel est leur potentiel d'amélioration. La sécurité d'une installation nucléaire réside justement aussi dans les détails. Il est important que l'exploitant en ait toujours conscience et garde une attitude vigilante de remise en question dans tout ce qu'il entreprend. A force de répéter plusieurs fois, on risque de se laisser aller à une routine qui ne remet plus rien en question. Lors des quelques incidents techniques plus importants, notifiés ces dernières années dans le monde entier, on a constaté chaque fois que cette attitude de remise en question constante n'avait justement pas été vraiment stimulée et rendait ainsi possible une plus grande perturbation. Personnellement, je suis convaincu qu'un accident grave ne peut se produire que si, dans une organisation, on néglige les petites perturbations et manques d'attention et qu'on en tire trop peu d'enseignements.

Il y a quelques années, on a fait appel dans les installations de Leibstadt et Beznau à des personnes chargées du contrôle de la sécurité dont la tâche première est de toujours remettre en question les déroulements d'exploitation, les perturbations et le comportement du personnel exploitant. C'est un pas dans la bonne direction, même si, comme le montre l'événement classé INES 2 à Beznau, toutes les erreurs ne peuvent être évitées. Les inspections de trois semaines (Peer Reviews) réalisées par les équipes d'experts internationales de la WANO (World Association of Nuclear Operators) ou de l'AIEA vont dans la même direction: procé-

der à l'examen critique de l'exploitation et montrer aux exploitants quelle est leur véritable situation. Ce qui est valable pour les exploitants l'est bien sûr aussi pour les autorités. A l'IFSN, nous tenons à ce que des experts contrôlent toujours de manière critique nos activités et remettent en question notre travail. L'UE a récemment adopté une ordonnance fixant que chaque autorité de surveillance nucléaire doit se soumettre tous les dix ans à un contrôle international conduit par l'AIEA. L'IFSN répondra à cette exigence. Le prochain contrôle de l'IFSN par l'AIEA est prévu en automne 2011.

La surveillance a fortement changé ces dernières années. Les exigences ont augmenté. La surveillance se concentre aujourd'hui non seulement sur les événements visibles et les changements soumis à autorisation, mais aussi et de plus en plus sur une observation du quotidien de l'exploitation; elle a des attentes claires concernant la qualité et la transparence des documents et exige de l'exploitant un examen critique de la sécurité. C'est la seule manière de justifier et de répondre d'une exploitation à long terme des centrales nucléaires actuelles. Il va de soi que si cela s'avère utile et proportionné, la sécurité technique doit constamment s'adapter à l'état de la science et technique. Concernant la construction de nouvelles centrales nucléaires, on ouvrira encore un nouveau chapitre de la surveillance. Les impératifs de sécurité posés à de nouvelles centrales nucléaires sont plus élevés que pour les centrales existantes. Les nouvelles centrales nucléaires doivent se conformer à l'état de la science et de la technique au moment de la construction, ainsi que tenir compte de manière prévoyante des possibles développements dans la technique et des impacts des agressions extérieures. C'est aussi la raison pour laquelle, lors de la procédure d'autorisation générale pour de nouvelles centrales nucléaires, l'appréciation du

site est entièrement réévaluée, même si des centrales nucléaires sont déjà exploitées sur ces sites. Il faut tenir compte des progrès dans la recherche sismique et des changements météorologiques dus au réchauffement climatique (inondations, intempéries). De nouvelles centrales nucléaires présenteront donc techniquement une sécurité plus élevée que les centrales en place. Une exploitation ensuite également plus sûre demandera un engagement constant pendant toute la durée de l'exploitation. La culture de sécurité de l'organisation ainsi que la formation des collaborateurs et de leur approche de la sécurité jouent un rôle déterminant. Mais en Suisse, la décision pour ou contre une nouvelle construction appartiendra finalement au souverain.

Je terminerai par quelques mots plus personnels. Après plus de huit ans à la tête de la DSN puis de l'IFSN, j'ai décidé de quitter la direction de l'IFSN au 1^{er} septembre 2010. Ces huit années furent aussi passionnantes qu'exigeantes. Au niveau interne, le passage de la DSN à l'IFSN a été une étape importante qui nous a permis d'accéder à l'indépendance nécessaire, exigée aussi au niveau international. La nouvelle loi sur l'énergie nucléaire et sa nouvelle ordonnance ont durablement transformé et marqué notre surveillance. Avec la nouvelle politique énergétique de la Confédération, la construction de centrales nucléaires est soudain devenue un sujet qui nous donne beaucoup de travail depuis mi-2007 et continuera de nous en donner. L'application de la procédure du plan sectoriel a permis des progrès encourageants dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs. Avec cette procédure transparente et ouverte, le choix de sites pour des dépôts géologiques profonds devient plus compréhensible pour la population. Je souhaite un avenir tout aussi passionnant et exigeant à Hans Wanner qui me succédera à la tête de l'IFSN.

Preface

Regulation in an Era of Change

In 2009, as in previous years, ENSI rated the operation of the Swiss nuclear facilities as safe. Nevertheless, it was not an optimal year for nuclear safety. After systematic safety reviews at the Leibstadt and Mühleberg nuclear power plants, ENSI awarded both facilities a «good» rating. Both facilities were able to maintain the high safety levels achieved during the previous three years. For the Leibstadt plant, the available data show that nuclear safety has improved in recent years. On the other hand, ENSI could only award a «satisfactory» rating to the Beznau and Gösgen nuclear power plants. In both cases, deficits in organisation and quality assurance were the reason. At Beznau, this resulted in two members of staff being exposed to inadmissible levels of radiation. At Gösgen, ENSI highlighted the failure to adopt a sufficiently questioning approach after two identical components in two redundant safety strands had failed nearly simultaneously. ENSI also criticised the quality of some individual documents and reports and required extensive revisions. Quality of both work and documentation, together with a critical attitude are crucial safety elements in nuclear power plants.

Only a few years ago, the outcome of safety evaluations at both Beznau and Gösgen would have turned out differently. Although the event at Beznau would still have been notifiable, the higher radiation limits prevailing in the past would have meant an event classification of only INES 0 rather than the INES 2 classification applied in 2009. In the past, regulators were not unduly preoccupied with criteria such as a questioning attitude or the quality of reports. Moreover, the simultaneous failure of two identical components in the same way (so-called common mode errors) would have been even less of an issue. This clearly shows that regulation has become stricter and that the nuclear safety requirements have increased and are becoming increasingly demanding.

At the beginning of the era of nuclear energy, in the 1960s and 1970s, technical issues were paramount. There was a firm belief that if a nuclear power plant had a good technical design, that in itself would ensure safe operation. The accident at the US nuclear power plant of Three Mile Island 2 (TMI 2) in 1979 highlighted the importance of human decisions in safety. People make mistakes that the plant itself cannot rectify. Then in 1986, the accident at Chernobyl showed dramatically the possible consequences of the hierarchical thought processes prevalent in the former Soviet Union. Of course, defects in the technical design of the Chernobyl reactor were also significant but the primary cause of the accident was an organisational structure that failed to take a proactive approach to safety.

Today, regulatory principles take into account that the safety of nuclear facilities depends significantly on the people building, operating and maintaining them, on the organisational culture in which they work and, of course, also on the technical design and construction of the facility. In the field of nuclear safety, this is known as the interaction between Man, Organisation and Technology, a principle now reflected in primary and secondary legislation. Even just a few years ago, the legislative framework was limited – for all practical purposes – to the technical design of facilities and their maintenance. There was almost no mention of demands on personnel or the organisation itself.

At the international level, the IAEA (International Atomic Energy Agency), with its head office in Vienna, has assumed the lead role for setting safety standards for the construction, operation and decommissioning of nuclear facilities, the transport of radioactive materials, and the management of radioactive waste. It defines safety standards, and the member states are then asked to incorporate the related requirements into their own national legislation. These requirements, which are subject to continuous revision based on developments

in science and technology, reflect current safety standards. In Europe, WENRA (Western European Nuclear Regulators' Association) issues so-called «Safety Reference Levels» (SRLs) based on the IAEA guidance, which the WENRA members then incorporate into their own national legislative framework. WENRA's aim is to ensure that comparable safety standards are implemented throughout Europe and that safety is harmonised at the highest level. The WENRA members – including ENSI – committed themselves to incorporate these SRLs by 2010 to a large extent into their own legislative framework and to implement them at the nuclear power plants.

In Switzerland, the new Nuclear Energy Act of 2005 and the associated ordinance represent an important watershed. The new statutory framework takes account of the interaction between man, organisation and technology referred to above. The associated guidance, issued by ENSI, provides greater detail on individual elements of the legislation. This new legislative framework has presented a challenge to ENSI as well as the operators of nuclear facilities. The new framework places considerable emphasis on the transparency and traceability of safety measures in nuclear facilities, including events, operating experience, and safety analyses. In addition, those involved must remain knowledgeable about the latest technological developments and must implement them in a practical and reasonable way. However, as with any statutory requirement, we should not forget that it is the operator of a nuclear facility who has overall responsibility for its safety. The regulatory authority has to make sure that an operator fulfils his responsibilities and complies with the legal requirements. In practice, it is not always that easy to implement the separation of responsibilities required in law. For example, when IAEA and WENRA specify a new standard based on the latest scientific and technological developments, this sometimes necessitates the drafting of detailed new regula-

tion and organisational rules. However, these may not always be compatible with the regulatory system in Switzerland. Such amendments require a change in attitude and culture, which develops gradually over time. Those called upon to implement the change must be convinced that safety will only be improved if they act correspondingly. If safety standards are to remain high, it must be universally accepted that this requires continuous improvements. ENSI's role here is to encourage this process. We need to hold up a mirror to operators to show them where - in our opinion - there is room for improvement. Nuclear safety includes questions of detail, and it is important that operators keep this in mind and adopt a critical attitude to their activities. This applies particularly to routine jobs done umpteen times; it is here that a critical approach is most likely to be absent. If we look at the few serious nuclear accidents recorded in recent years worldwide, we find time and time again that a genuinely critical approach was lacking and it was this that made a serious incident possible in the first place. I genuinely believe that a serious accident only occurs if an organisation pays insufficient attention to minor disturbances and carelessness and fails to learn the associated lessons.

Years ago, the Leibstadt and Beznau plants have employed safety controllers, whose primary role is to adopt a critical approach to operating procedures, abnormal occurrences, and the behaviour of operating personnel. This is a step in the right direction even though it cannot prevent every single failure, as shown by the INES 2 event at Beznau. The intensive three-week peer reviews conducted by international experts from WANO (World Association of Nuclear Operators) or the IAEA take a similar approach; they take a critical look at the facility and hold up a mirror to operators.

What applies to operators applies equally to regulators, and so we at ENSI value a regular critical review of our work by experts. The EU recently passed a regulation requiring every nuclear regu-

lator to undergo every ten years an international review led by IAEA. Despite Switzerland not being a EU member state, ENSI adheres to this regulation, and the IAEA is scheduled to review ENSI towards autumn of 2011.

The regulatory process has changed significantly in recent years, since requirements have become more demanding. Today, the regulator not only looks at manifest incidents and modifications requiring approval but increasingly monitors day-to-day operation and sets clear standards concerning the quality and transparency of documents. Furthermore, the operators are required to adopt a proactive and critical approach to nuclear safety. Only then can we justify and take responsibility for the long-term operation of the current generation of nuclear power plants. As mentioned above, we must adapt technical safety standards that reflect technological developments, wherever this is practical and reasonable.

As for the construction of new nuclear power plants, this would open a new chapter in the work of ENSI. The safety requirements for a new nuclear power plant are much more stringent than those for an existing one. A new nuclear power plant must reflect the state of the art in science and technology at the time of construction. In addition, any foreseeable development in technology and risks from external influences must be taken into account. This is why the outline planning process for a new nuclear power plant requires a comprehensive site reassessment even if the site is already occupied by a nuclear power plant. The assessment must include recent progress in earthquake hazard evaluation and the study of weather

patterns (flooding, storms) resulting from climate change. The safe operation of any new plant requires a commitment on the part of all those involved for the entire operating life of the plant. Crucial elements are beside technical aspects the organisation's safety culture and staff training, including their attitude to safety. However, in a direct democracy like Switzerland, it is the people who will eventually decide whether or not a new nuclear facility is going to be built.

I should like to finish on a personal note. I have been the Director of ENSI and its predecessor HSK for more than eight years but on the 1 September 2010, I shall be handing over the reins to my successor, Hans Wanner. These eight years have proved both exciting and challenging. Internally, the transition from HSK to ENSI was a major step that gave us the independence we required and which satisfied an international requirement. The new Nuclear Energy Act and the associated ordinance have resulted in major permanent changes to our regulatory work. With the adoption of a new energy policy by the Swiss Confederation, new nuclear power stations suddenly became a major topic. This has involved us in considerable work since mid 2007 and will continue to do so for the foreseeable future. I also welcome the progress made in the management of nuclear waste after the implementation of the sectoral plan. The procedure used is both transparent and open and will make it easier for the public to comprehend how possible locations for a deep geological repository are selected. I should like to wish my successor an equally exciting and challenging future with ENSI.

Zusammenfassung und Übersicht

Allgemeines zur Aufgabe und Berichterstattung des ENSI

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI begutachtet und beaufsichtigt als Aufsichtsbehörde des Bundes die Kernanlagen in der Schweiz. Dazu gehören die fünf Kernkraftwerke (KKW), die Zwischenlager bei den Kraftwerken, das Zentrale Zwischenlager in Würenlingen sowie die nuklearen Einrichtungen am Paul Scherrer Institut (PSI) und an den Hochschulen in Basel und Lausanne. Mittels Inspektionen, Aufsichtsgesprächen, Prüfungen und Analysen sowie der Berichterstattung der Anlagebetreiber verschafft sich das ENSI den notwendigen Überblick über die nukleare Sicherheit der beaufsichtigten Kernanlagen. Es wacht darüber, ob die Vorschriften eingehalten werden und die Betriebsführung gesetzeskonform erfolgt. Zu seinem Aufsichtsbereich gehören auch die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den Kernanlagen sowie die Vorbereitungen zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle. 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.

Die gesetzliche Basis für die Aufsicht des ENSI bilden das Kernenergiegesetz, die Kernenergieverordnung, das Strahlenschutzgesetz, die Strahlenschutzverordnung sowie weitere Verordnungen und Vorschriften zur Reaktorsicherheit und Ausbildung von Betriebspersonal, zum Notfallschutz, zum Transport radioaktiver Stoffe und zur geologischen Tiefenlagerung. Gestützt auf diese gesetzlichen Grundlagen erstellt und aktualisiert das ENSI eigene Richtlinien. Darin formuliert sie die Kriterien, nach denen sie die Tätigkeiten und Vorhaben der Betreiber von Kernanlagen beurteilt. Eine Übersicht über die Richtlinien des ENSI findet sich in der Tabelle 10 im Anhang dieses Aufsichtsberichts. Die gültigen Richtlinien sind zudem auf der Website des ENSI (www.ensi.ch) aufgeschaltet.

Das ENSI berichtet periodisch über seine Aufsichtstätigkeit und die nukleare Sicherheit der schweizerischen Kernanlagen. Es nimmt seine gesetzliche Pflicht wahr, die Öffentlichkeit über besondere Ereignisse und Befunde in den Kernanlagen zu infor-

mieren. Zu spezifischen Themen orientiert es auch im Rahmen von Veranstaltungen.

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

Die Berichte finden sich auch im Internet unter www.ensi.ch.

Inhalt des vorliegenden Berichts

Das ENSI berichtet in den Kapiteln 1 bis 4 des vorliegenden Aufsichtsberichts über das Betriebsgeschehen, die Revisionsarbeiten, den Strahlenschutz, die Organisation und die Betriebsführung der Kernkraftwerke Beznau 1 und 2, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. Am Schluss der jeweiligen Kapitel legt es seine Sicherheitsbewertung zu jedem KKW dar.

Im Kapitel 5 wird über das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen gesprochen. Die ZWILAG hat die Aufgabe, radioaktive Abfälle aus den schweizerischen Kernanlagen zu verarbeiten und zwischenzulagern. Die Kapitel 6 und 7 behandeln die Aufsicht über die nuklearen Anlagen des Paul Scherrer Instituts sowie über die Forschungsreaktoren der Universität Basel und der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne. Kapitel 8 ist den Transporten radioaktiver Stoffe von und zu den schweizerischen Kernanlagen gewidmet. Im Kapitel 9 wird über die Behandlung der drei Rahmenbewilligungsgesuche für neue Kernkraftwerke berichtet. Kapitel 10 gibt Auskunft über die geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle und Kapitel 11 über anlagenübergreifende Aspekte. Im Anhang finden sich erläuternde Tabellen und Figuren.

Beurteilung zu den Kernkraftwerken

Das ENSI stellt zusammenfassend fest, dass im Berichtsjahr die nukleare Sicherheit der Kernkraft-

werke Beznau und Gösgen in Bezug auf die Auslegung und das Betriebsgeschehen – im Aufsichtsbericht als Betriebssicherheit bezeichnet – ausreichend war. Aufgrund der Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung attestiert das ENSI den Kernkraftwerken Leibstadt und Mühleberg eine gute Betriebssicherheit. Die bewilligten Betriebsbedingungen wurden eingehalten. Bei den Gesamtbeurteilungen verwendet das ENSI in absteigender Reihenfolge die Kategorien «hoch», «gut», «ausreichend» und «ungenügend». Die Bewilligungsinhaber haben gegenüber der Aufsichtsbehörde ihre gesetzlich festgelegten Meldepflichten wahrgenommen, mit Ausnahme der um Monate verspäteten Meldung eines Ereignisses aus dem Jahr 2008 im KKW Gösgen.

Gemäss seiner Richtlinie B03 stufte das ENSI 22 Vorkommnisse in den Kernkraftwerken (KKW) hinsichtlich der nuklearen Sicherheit als meldepflichtig ein. Auf die einzelnen KKW bezogen sind dies: 11 Vorkommnisse im KKW Beznau, 4 in Mühleberg, 3 in Gösgen und 4 in Leibstadt. Das Vorkommnis in Beznau vom 3. August 2009 wurde auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 2 zugeordnet, das verspätet gemeldete Vorkommnis in Gösgen vom 24. Juni 2008 der Stufe 1 und die übrigen Vorkommnisse im Berichtsjahr wurden auf Stufe 0 eingestuft und hatten eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit.

Beurteilung zum Zentralen Zwischenlager Würenlingen

Das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen umfasst mehrere Zwischenlagergebäude, die Konditionierungsanlage und die Plasma-Anlage (Verbrennungs- und Schmelzanlage). Ende 2009 befanden sich in der Behälterlagerhalle 33 Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen sowie sechs Behälter mit Stilllegungsabfällen aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens. Der Belegungsgrad betrug Ende 2009 rund 16 % im HAA-Lager und 21 % im MAA-Lager. Die nukleare Sicherheit der Lagergebäude und der Heissen Zelle war in Bezug auf die Auslegung und das Betriebsgeschehen gut.

Im ZWILAG ereigneten sich im Jahr 2009 drei hinsichtlich der nuklearen Sicherheit meldepflichtige Vorkommnisse.

Das ENSI hat 2009 die Freigabe zum uneingeschränkten Betrieb der Plasma-Anlage erteilt. Im Berichtsjahr wurden zwei Kampagnen zur Ver-

brennung und Einschmelzung von radioaktiven Abfällen durchgeführt. Dabei wurden 938 Abfallfässer und 1800 Liter Öl verarbeitet.

Beurteilung zum Paul Scherrer Institut und zu den Forschungsreaktoren in Basel und Lausanne

Die Kernanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI), wie der Forschungsreaktor PROTEUS, das Hotlabor, die Sammelstelle für die radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung sowie das Bundeszwischenlager, stehen unter der Aufsicht des ENSI.

Die Rückbauarbeiten an den beiden Forschungsreaktoren DIORIT und SAPHIR erfolgten aus radiologischer Sicht korrekt. Der Forschungsreaktor PROTEUS wurde vorschriftsgemäss betrieben.

In den Kernanlagen des PSI ereigneten sich im Jahr 2009 zwei hinsichtlich der nuklearen Sicherheit meldepflichtige Vorkommnisse.

Das ENSI beurteilt die nukleare Sicherheit der Kernanlagen des PSI und jene der Hochschulen in Basel und Lausanne in Bezug auf die Auslegung und das Betriebsgeschehen als gut. Die Arbeiten werden unter Einhaltung der Strahlenschutzvorschriften ausgeführt und die Jahreskollektivdosen waren im Berichtsjahr tief.

Abgaben radioaktiver Stoffe

Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt via Abwasser und Abluft der Kernkraftwerke, des Zentralen Zwischenlagers, des PSI und der Kernanlagen in Basel und Lausanne lagen im vergangenen Jahr weit unterhalb der in den Bewilligungen festgelegten Limiten. Sie ergaben auch für Personen, welche in direkter Nachbarschaft einer Anlage leben, eine maximale berechnete Dosis von weniger als 1 % der natürlichen jährlichen Strahlenexposition.

Transporte radioaktiver Stoffe

Aufgrund des zehnjährigen Moratoriums finden bis 2016 keine Transporte bestrahlter Brennelemente ins Ausland statt. Im Jahr 2009 fanden nach zweijährigem Unterbruch wieder Rücklieferungen von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in La Hague in Frankreich statt. Bei allen Transporten von Brennelementen und radioaktiven Abfäl-

len wurden die gefahrgutrechtlichen Vorschriften und die Strahlenschutzlimiten eingehalten.

Geologische Tiefenlagerung

Im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlagerung hatte die Nagra in der ersten Etappe mögliche Standortgebiete für geologische Tiefenlager für schwach- und mittelaktive sowie für hochaktive Abfälle vorgeschlagen. Das ENSI hat anhand der sicherheitstechnischen Kriterien im Berichtsjahr die eingereichten Vorschläge überprüft und dazu ein sicherheitstechnisches Gutachten erstellt, das am 26. Februar 2010 veröffentlicht wurde. Dabei stellt das ENSI fest, dass das Vorgehen der Nagra

transparent und nachvollziehbar war, die verwendete geologische Literatur vollständig ist und alle vorgeschlagenen Standortgebiete die Eignungskriterien erfüllen. Das ENSI stimmt deshalb dem Vorschlag zu und empfiehlt, alle vorgeschlagenen Standortgebiete in Etappe 2 weiter zu betrachten. Die mit internationaler Beteiligung betriebene Forschungstätigkeit der Nagra in den beiden Felslaboratorien Grimsel (Kristallingestein) und Mont Terri (Opalinuston) wurde 2009 fortgesetzt. Das ENSI hat ein neues Experiment zur Erfassung von Gebirgsverformungen gestartet und beteiligt sich an zwei weiteren Experimenten zur Untersuchung des Austrocknungsverhaltens des Opalinustons resp. zur Evaluation einer neuen Methode zur Messung von Durchlässigkeiten.



Das ENSI informiert jährlich in vier Berichten über seine Tätigkeit und Aufsicht.

Résumé et aperçu

Tâches et compte rendu de l'IFSN

L'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN est l'instance de la Confédération chargée de la surveillance et de l'expertise des installations nucléaires en Suisse, soit les cinq centrales nucléaires, les entrepôts situés dans les centrales, le Centre de stockage intermédiaire de Würenlingen, les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (IPS) et des Universités de Bâle et de Lausanne. Les inspections, entretiens de surveillance, contrôles et analyses, ainsi que les rapports des exploitants lui permettent d'acquérir la vue d'ensemble nécessaire sur la sûreté nucléaire des installations surveillées. L'IFSN veille au respect des prescriptions et à la conformité avec la loi de la gestion de l'exploitation. Ses activités de surveillance s'étendent aussi aux transports de matières radioactives en provenance et à destination des installations nucléaires, ainsi qu'aux travaux préparatoires en vue du stockage en couches géologiques profondes des déchets radioactifs. L'IFSN gère sa propre organisation d'urgence dans le cadre d'une organisation d'urgence nationale susceptible d'intervenir, en cas d'accident grave, dans une installation nucléaire suisse.

La loi sur l'énergie nucléaire, l'ordonnance sur l'énergie nucléaire, la loi sur la radioprotection, l'ordonnance sur la radioprotection, ainsi que d'autres ordonnances et prescriptions sur la sûreté des réacteurs et la formation du personnel exploitant, sur la protection en cas d'urgence, sur le transport de substances radioactives et sur le stockage en couches géologiques profondes constituent la base légale de la surveillance de l'IFSN. L'IFSN élabore et met à jour ses propres directives en s'appuyant sur ces bases légales. Elle y formule les critères d'après lesquels elle apprécie les activités et les projets des exploitants d'installations nucléaires. Un aperçu des directives de l'IFSN figure au tableau 10 de l'annexe de ce rapport de surveillance. De plus, toutes les directives en vigueur peuvent être consultées sur son site Internet (www.ensi.ch).

L'IFSN donne des informations régulières sur ses activités de surveillance et sur la sûreté nucléaire des installations suisses. Elle a pour tâche légale d'informer le public sur des événements et des constats particuliers dans les installations nucléaires. Son in-

formation sur des thèmes plus spécifiques se poursuit dans le cadre de manifestations.

Le présent rapport de surveillance fait partie du compte rendu périodique de l'IFSN. L'IFSN publie aussi chaque année un rapport sur la radioprotection, un rapport sur les expériences et la recherche et un rapport d'activité. Ces rapports sont publiés dans leur langue d'origine, l'allemand. Les introductions et les résumés sont traduits en français et en anglais. Ces rapports peuvent être consultés sur Internet, à l'adresse www.ensi.ch.

Contenu du présent rapport

Aux chapitres 1 à 4, l'IFSN décrit le déroulement de l'exploitation, les travaux de révision, la radioprotection, l'organisation et la gestion des centrales nucléaires de Beznau 1 et 2, de Mühleberg, de Gösgen et de Leibstadt. Elle présente par ailleurs son appréciation de la sûreté de chacune de ces installations à la fin des chapitres concernés.

Le chapitre 5 est consacré au Centre de stockage intermédiaire ZWILAG à Würenlingen. ZWILAG est chargé du traitement et du stockage intermédiaire des déchets radioactifs provenant des installations nucléaires suisses.

Les chapitres 6 et 7 traitent des activités de surveillance que l'IFSN exerce sur les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer et sur les réacteurs de recherche de l'Université de Bâle et de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne EPFL.

Le chapitre 8 aborde les transports de matières radioactives en provenance et à destination des installations nucléaires suisses. Le chapitre 9 traite des trois demandes d'autorisation générale pour de nouvelles centrales nucléaires. Le chapitre 10 informe du stockage des déchets radioactifs en couches géologiques profondes et le chapitre 11 évoque d'autres aspects de la surveillance nucléaire des installations. Les tableaux et figures en annexe complètent le rapport.

Appréciation des centrales nucléaires

Pour 2009, l'IFSN constate que la sûreté nucléaire des centrales de Beznau et de Gösgen est satis-

faisante tant au niveau de la conception et du dimensionnement, qu'à celui des événements de l'exploitation (dans le rapport de surveillance on parle de sûreté d'exploitation). Suite aux résultats de l'évaluation systématique de la sécurité, l'IFSN atteste de la bonne sûreté d'exploitation des centrales nucléaires de Leibstadt et de Mühleberg. Les conditions d'exploitation autorisées ont été respectées. Pour ses appréciations générales, l'IFSN recourt, dans un ordre décroissant, aux catégories suivantes: élevée, bonne, satisfaisante et insatisfaisante. Les détenteurs d'autorisations ont respecté leurs devoirs de notification et d'agrément fixés par la loi envers les autorités de surveillance à l'exception d'une notification annoncée avec plusieurs mois de retard d'un événement survenu en 2008 à la centrale nucléaire de Gösgen. Conformément à sa directive B03, l'IFSN a notifié 22 événements relatifs à la sûreté nucléaire dans les centrales nucléaires. Onze d'entre eux ont eu lieu dans la centrale nucléaire de Beznau, quatre à Mühleberg, trois à Gösgen et quatre à Leibstadt. L'événement du 3 août 2009 à Beznau a été classé au niveau 2 de l'échelle internationale des événements nucléaires INES, l'événement du 24 juin 2008 à Gösgen, notifié en retard, au niveau 1; les autres événements de 2009 ont été classés au niveau 0 et ont peu compromis la sûreté nucléaire.

Appréciation du Centre de stockage intermédiaire de Würenlingen

Le Centre de stockage intermédiaire ZWILAG à Würenlingen comprend plusieurs bâtiments d'entreposage, l'installation de conditionnement et l'installation plasma (station d'incinération et de fusion). Fin 2009, la halle des conteneurs abritait 33 conteneurs de transport et d'entreposage avec assemblages combustibles usés et coquilles de verre, ainsi que six conteneurs de déchets de démantèlement provenant de la centrale nucléaire expérimentale de Lucens. Fin 2009, le taux d'occupation était d'environ 16% dans le dépôt DHA et 21% dans le dépôt DFMA. La sûreté nucléaire des bâtiments de stockage et des cellules chaudes a été bonne tant au niveau de la conception et du dimensionnement qu'en ce qui concerne l'exploitation.

Trois événements relatifs à la sûreté nucléaire ont été notifiés à ZWILAG en 2009.

L'IFSN a octroyé l'autorisation d'exploitation illimitée de l'installation plasma. Deux campagnes d'incinération et de fusion de déchets radioactifs s'y

sont déroulées en 2009. 938 fûts de déchets et 1800 litres de mazout y ont été traités.

Appréciation de l'Institut Paul Scherrer et des réacteurs de recherche de Bâle et de Lausanne

Les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (IPS) sont placées sous la surveillance de l'IFSN; il s'agit du réacteur de recherche PROTEUS, du laboratoire chaud, du site de ramassage des déchets radioactifs provenant de la médecine, de l'industrie et de la recherche, ainsi que de l'entrepôt fédéral pour déchets radioactifs.

Les travaux de démantèlement des deux réacteurs de recherche DIORIT et SAPHIR se sont déroulés sans incident radiologique. Le réacteur de recherche PROTEUS a été exploité conformément aux prescriptions.

En 2009, deux événements relatifs à la sûreté nucléaire ont été notifiés dans les installations nucléaires de l'IPS.

L'IFSN juge la sûreté nucléaire des installations de l'IPS et des universités de Bâle et de Lausanne globalement bonne, tant au niveau de la conception et du dimensionnement, qu'en ce qui concerne le déroulement de l'exploitation. Les travaux y sont réalisés dans le respect des prescriptions en vigueur pour la radioprotection. Les doses collectives annuelles sont restées à un niveau bas en 2009 aussi.

Rejets de substances radioactives

L'année dernière, les rejets de substances radioactives dans l'environnement via les eaux usées et l'air d'évacuation des centrales nucléaires, du Centre de stockage intermédiaire ZWILAG, de l'IPS et des installations nucléaires de Bâle et de Lausanne ont enregistré des valeurs largement inférieures aux valeurs limites fixées dans les autorisations. Il en a résulté, également pour les personnes vivant au voisinage immédiat d'une installation, une dose maximale calculée de moins de 1 % de la radio-exposition annuelle naturelle.

Transports de matières radioactives

En raison du moratoire de dix ans, il n'y aura pas de transport à l'étranger d'assemblages combustibles

usés jusqu'en 2016. Les retours de déchets provenant du retraitement ont repris en 2009 à la Hague en France après une interruption de deux ans. Tous ces transports d'assemblages combustibles et de déchets radioactifs se sont déroulés dans le respect des valeurs limites en vigueur en matière de transport de marchandises dangereuses et de protection contre le rayonnement.

Stockage en couches géologiques profondes

Dans le cadre du plan sectoriel «Dépôt en couches géologiques profondes», la Nagra avait proposé, dans une première étape, des régions de site possibles pour des dépôts géologiques profonds de déchets de faible et de moyenne activité, ainsi que de déchets de haute activité. Sur la base des critères de sécurité, l'IFSN a contrôlé en 2009 les

propositions soumises et dressé une expertise sur la sûreté, publiée le 26 février 2010. Ainsi l'IFSN constate-t-elle que la démarche de la Nagra est transparente et réalisable, que la littérature géologique utilisée est complète et que toutes les régions de site remplissent les critères exigés. L'IFSN approuve donc la proposition et recommande que l'étape 2 continue de considérer toutes les régions de site proposées.

L'activité de recherche de la Nagra, réalisée avec une participation internationale dans les deux laboratoires souterrains du Grimsel (roche cristalline) et du Mont Terri (argiles à Opalinus) s'est poursuivie en 2009. L'IFSN a commencé une nouvelle expérience sur l'identification de déformations rocheuses et participe à deux autres expériences, l'une sur l'analyse du comportement desiccateur des argiles à Opalinus, l'autre sur l'évaluation d'une nouvelle méthode de mesure des perméabilités.

Summary and overview

General comments on ENSI's obligations and reporting functions

ENSI, the regulatory body of the Swiss Federation, assesses and monitors the nuclear facilities of Switzerland. These include the five nuclear power plants (NPPs), the plant-based interim storage facilities, the Central Interim Storage Facility at Würenlingen, as well as the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI) and the two universities of Basel and Lausanne. Based on a combination of inspections, regulatory meetings, examinations, and analyses as well as reports from the licensees of individual plants, ENSI monitors the nuclear safety of these facilities. It ensures that the facilities comply with the regulations and operate within the legislative framework. Its regulatory obligations also include the transport of radioactive materials from and to nuclear facilities and the preparations of 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 case of a serious incident at a nuclear facility in Switzerland.

The legislative framework for ENSI's regulatory functions are the Nuclear Energy Act (KEG), the Nuclear Energy Ordinance (KEV), the Radiological Protection Act (StSG), the Radiological Protection Ordinance (StSV), as well as other ordinances and regulations related to reactor safety, the training of operating personnel, the organisation of the emergency response to increases in radioactivity, the transport of radioactive materials, and the deep geological repository. Based on this legislative framework, ENSI formulates and updates guidelines that stipulate the criteria by which it evaluates the activities and plans put forward by the operators of nuclear facilities. Table 10 in the Appendix to this report gives an overview of the guidelines and their content. The current guidelines are also posted on the ENSI website (www.ensi.ch).

ENSI regularly publishes reports on its regulatory functions and on nuclear safety in Swiss nuclear facilities. In so doing, it fulfils its legal obligation to provide the public with information on particular events and findings at nuclear facilities. ENSI also organises outreach events to disseminate information on specific topics.

This Surveillance Report is part of ENSI's regular reporting system. Additionally, ENSI yearly publishes a Radiological Protection Report, a Research and Experience Report, and a Management Report. These reports are written in German but the introductions and summaries are additionally translated into French and English.

The reports are also available on the ENSI website at www.ensi.ch.

Content of this report

Chapters 1 to 4 of this Surveillance Report deal primarily with the operation, repair, radiological protection, organisation, and management of the nuclear power plants Beznau 1 and 2, Mühleberg, Gösgen and Leibstadt. For each nuclear power plant, the ENSI evaluation concludes with a safety ranking.

Chapter 5 deals with the Central Interim Storage Facility (ZWILAG) at Würenlingen. The function of ZWILAG is the processing and interim storage of radioactive waste from Swiss nuclear facilities.

Chapters 6 and 7 deal with the surveillance of nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI) and the research reactors at the University of Basel and at the Federal Institute of Technology in Lausanne (EPFL). Chapter 8 deals with the transport of radioactive materials from and to nuclear facilities in Switzerland. Chapter 9 provides an update on the three applications submitted so far for the outline approval of a new nuclear power plant. Chapter 10 provides information on the geological repository for radioactive waste and Chapter 11 deals with generic aspects not specific to any individual facility. A series of explanatory tables and diagrams can be found in the Appendix.

Assessment of the nuclear power plants

In terms of design and operation, ENSI rates the overall nuclear safety of the Beznau and Gösgen nuclear power plants (NPPs) as «satisfactory». Based on its Systematic Safety Reviews at the Leibstadt and Mühleberg plants, ENSI rates their op-

erating safety as «good». All these facilities complied with their operating licenses. ENSI uses the following rating categories in descending order: «high», «good», «satisfactory» and «unsatisfactory». In their dealings with ENSI, the licensees complied with the statutory reporting requirements, with exception of the Gösgen NPP which delayed notification of an incident in 2008 by several months.

Under the ENSI-guideline B03, there were 22 incidents at NPPs that were notifiable based on criteria of nuclear safety: 11 incidents occurred at Beznau NPP, 4 at Mühleberg, 3 at Gösgen, and 4 at Leibstadt. The incident at Beznau on 3 August 2009 was rated at Level 2 on the international INES scale, the one at Gösgen on 24 June 2008 – where notification was delayed – was rated at level 1 on INES, and the remaining incidents during 2009 were rated as INES 0 and had a minimal impact on nuclear safety.

Assessment of the Central Interim Storage Facility at Würenlingen

The Central Interim Storage Facility (ZWILAG) at Würenlingen consists of several interim storage halls, a conditioning plant, and the plasma plant (incineration/melting plant). At the end of 2009, the cask storage hall contained 33 transport/storage casks with spent fuel assemblies and vitrified residue packages as well as 6 casks with decommissioned waste from the former experimental nuclear power plant at Lucens. At the end of 2009, about 16% of the capacity of the HLW store and about 21% of the capacity of the ILW store were occupied. In terms of design and operation, the nuclear safety of the storage buildings and so-called hot cell was good.

During 2009, there were 3 incidents at ZWILAG notifiable based on criteria of nuclear safety. In 2009, ENSI granted approval for the unrestricted use of the plasma plant. During the same year, ZWILAG conducted two operations to process, incinerate and melt radioactive waste. In total, it processed 938 drums containing radioactive waste and 1800 litres of oil.

Assessment of the Paul Scherrer Institute and research facilities in Basel and Lausanne

ENSI is also responsible for the surveillance of the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI),

such as the PROTEUS research reactor, the hot laboratory, the collection point for radioactive waste from medicine, industry and research, as well as the Federal Interim Storage Facility.

The decommissioning work at the two research reactors DIORIT and SAPHIR continued smoothly from a radiological point of view. Experiments on the PROTEUS research reactor were conducted in compliance with the related rules and regulations. There were 2 incidents at PSI nuclear facilities in 2009 notifiable based on criteria of nuclear safety. With respect to their design and operation, ENSI awarded the PSI facilities and those at the universities of Basel and Lausanne an overall nuclear safety rating of «good». In the year under review, the work at those facilities was carried out in compliance with the regulations on radiological protection, and the annual collective doses remained low.

Release of radioactive materials

In 2009, the amount of radioactive material released into the environment through waste water and exhaust air from the nuclear power plants, the Central Interim Storage Facility, the PSI and the nuclear facilities at Basel and Lausanne was considerably lower than the limits specified in the operating licenses. Analyses showed that the maximum doses, including those for residents in the immediate vicinity of a plant, were less than 1 % of the annual exposure to natural radiation.

Transport of radioactive materials

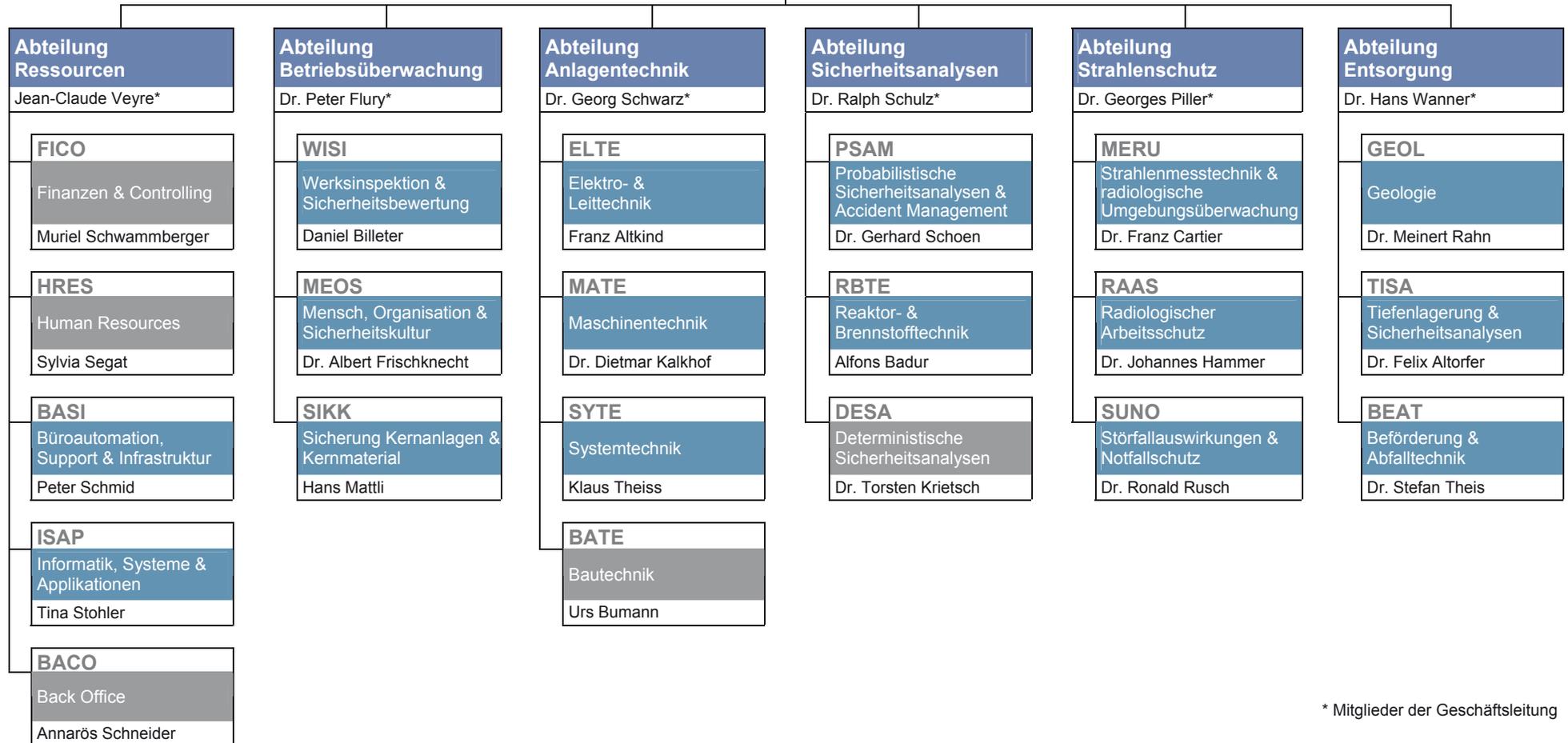
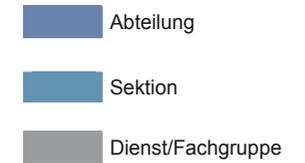
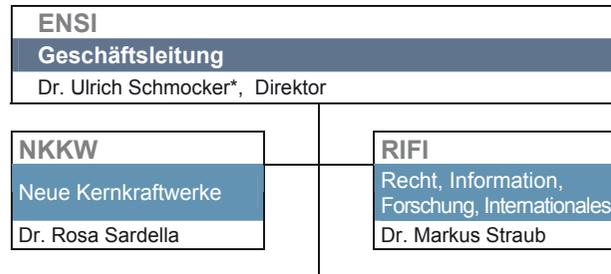
Because of the existence of a 10-year moratorium, no spent fuel assemblies will be transported abroad until 2016. However, following a 2-year recess, waste is again transported back to Switzerland after having been reprocessed at La Hague in France. During 2009, all fuel assemblies and radioactive waste were transported in accordance with the limits specified in the regulations on the transport of hazardous waste and radiological protection.

Deep geological repository

As part of the sectoral plan for the deep geological repository, NAGRA had proposed several possible locations for the geological repository of low, medium and high-level waste. During 2009, ENSI reviewed this proposal using its safety criteria and

on 26 February 2010 published the results. ENSI has concluded that the procedure adopted by NAGRA is transparent and comprehensible, that NAGRA had consulted the relevant geological documentation and that each of the proposed locations meets the suitability criteria. As a result, ENSI has approved the proposal and has recommended that further consideration should be given to the various locations as part of stage 2 of the master plan.

During 2009, NAGRA, in cooperation with international partners, continued its research activities at the rock laboratories of Grimsel (crystalline rock) and Mont Terri (Opalinus clay). For its part, ENSI started a new experiment on rock deformation and is participating in two other experiments: the first one examining the behaviour of Opalinus clay while desiccating and the second one evaluating a new method for the measurement of porosity.



* Mitglieder der Geschäftsleitung



Blick auf das
Kernkraftwerk Beznau.
Foto: KKB

1. Kernkraftwerk Beznau

1.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2009 war im Kernkraftwerk Beznau (KKB) durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb geprägt. Das ENSI stellt fest, dass das KKB die bewilligten Betriebsbedingungen, bis auf eine Ausnahme (siehe 1.2), immer eingehalten hat. Das ENSI bescheinigt dem KKB eine ausreichende Betriebssicherheit.

Das KKB umfasst zwei weitgehend baugleiche Zwei-Loop-Druckwasserreaktor-Blöcke (KKB 1 und KKB 2), die in den Jahren 1969 bzw. 1971 den Betrieb aufnahmen. Die elektrische Nettoleistung beträgt in beiden Blöcken jeweils 365 MW. Weitere Daten sind in den Tabellen 1 und 2 im Anhang zusammengestellt. Figur 7a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage.

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

Der Volllastbetrieb wurde im Juni/Juli 2009 durch einen 11-tägigen Kurzstillstand für den Brennelementwechsel unterbrochen. Dabei wurden insbesondere System- und Komponententests beim Abfahren sowie beim Wiederaufahren der Anlage durchgeführt.

Im **Block 2** kam es zu sechs meldepflichtigen Vorkommnissen. Fünf davon wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt, eines der Stufe 2.

Ein weiteres meldepflichtiges Vorkommnis betraf beide Blöcke, es handelt sich um ein Auslegungsproblem des gemeinsamen Maschinenhausdaches. Es wurde der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt.

Während des Revisionsstillstandes wurden umfangreiche Prüfungen an den Bodendurchführungen des Reaktordruckbehälters durchgeführt. Ausgewählte Schweißnähte von Komponenten

und Rohrleitungen wurden mit zerstörungsfreien Prüfmetho- den untersucht. Die Resultate zeigen, dass die Komponenten und Schweißnähte in einwandfreiem Zustand sind. Im sekundären, nicht nuklearen Teil wurde an einem der beiden Generatoren der Rotor ausgetauscht.

Im Berichtsjahr 2009 sind in beiden Blöcken keine Brennelementschäden aufgetreten.

Der Dosisgrenzwert von 20 mSv der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurde in zwei Fällen überschritten (vgl. Kap. 1.2). Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte.

Der Anfall radioaktiver Rohabfälle entsprach dem Umfang der durchgeführten Arbeiten.

Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 94 Inspektionen in allen Fachgebieten durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Fünf Reaktoroperateure und zwei Schichtchefs bestanden ihre Zulassungsprüfung, ein Reaktor- operateur-Anwärter seine Prüfung der kerntechnischen Grundlagen.

1.2 Betriebsgeschehen

Die Blöcke KKB 1 und KKB 2 erreichten im Jahr 2009 eine Arbeitsausnutzung¹ von 96,0 % bzw. 86,4 % und eine Zeitverfügbarkeit² von 96,6 % bzw. 86,9 %, wobei der unproduktive Anteil jeweils im Wesentlichen auf den Revisionsstillstand zurückzuführen war.

Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Die ausgekoppelte Wärme für das regionale Fernwärmenetz (REFUNA) belief sich im Jahr 2009 auf insgesamt 175,3 GWh.

Im **Block 1** dauerte der Revisionsstillstand 11 Tage und diente primär dem Brennelementwechsel. Am 21. Februar 2009 wurde die Leistung für den präventiven Ersatz eines Leitungsstückes mit Pulsationsdämpfern im Kraftölsystem einer Hochdruckturbine während 12 Stunden um 50 % reduziert. Am 19. Mai 2009 musste zur Behebung einer Störung im Hochspannungsnetz auf Antrag von Swissgrid für rund 12 Stunden die elektrische Leistung um 100 MW reduziert werden.

Im **Block 2** dauerte der Revisionsstillstand zur Durchführung des Brennelementwechsels und der Instandhaltungsarbeiten insgesamt 46 Tage. Im

Berichtsjahr kam es zu zwei ungeplanten Reaktorschnellabschaltungen (siehe unten).

Im **Block 1** ereigneten sich 2009 vier meldepflichtige Vorkommnisse, welche vom ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt wurden:

■ Im Aktivitätsüberwachungs-System zeigte am 9. Januar 2009 ein Signal eine erhöhte Aerosolaktivität der Kaminabluft an. Das Signal löste auslegungsgemäss automatisch eine Teilisolation des Containments aus. Die Isolationsfunktion dient dazu, im Falle einer erhöhten Aktivität im Containment eine Abgabe radioaktiver Stoffe an die Umgebung zu verhindern.

Die Ursachenabklärung zeigte indessen, dass keine erhöhte Aktivität vorlag, sondern wegen einer Fehlfunktion der Messeinrichtung während 12 Sekunden ein erhöhter Wert registriert wurde. Die redundanten Aktivitätsmonitore zeigten keine Veränderung der Messwerte.

■ Das Aktivitätsüberwachungs-System zeigte am 1. Mai 2009 eine erhöhte Iod- und Edelgas- Aktivität der Kaminabluft an. Das Signal löste auslegungsgemäss automatisch eine Teilisolation des Containments aus.

Ursache der erhöhten Kaminluftaktivität war ein undichtes Ventil eines Überwachungssystems, mit welchem Proben radioaktiver Abgase genommen werden. Die Gasproben werden in das Rückstandsgassystem zurückgeleitet. Wegen des undichten Ventils gelangte Messgas direkt in den Abluftkamin. Die Freisetzung lag weit unterhalb der zulässigen Abgabelimiten.

■ Bei den Inspektionen des Reaktordeckels am 25. Juni 2009 wurden im oberen Bereich an drei Regelstab-Antriebsstangengehäusen geringfügige Borsäureablagerungen entdeckt. Die Ablagerungen wurden entfernt, die entsprechenden Stellen werden auf Verlangen des ENSI bei monatlichen Rundgängen überwacht. Es haben sich bisher keine Veränderungen gezeigt. Die Dichtschweissungen werden im Revisionsstillstand 2010 durch ein qualifiziertes Reparaturverfahren erneuert.

■ Beim monatlichen Probelauf fiel am 21. Juli 2009 eine von vier Rezirkulationspumpen durch eine Schutzabschaltung aus. Die Rezirkulationspumpen dienen dazu, bei einem Kühlmittelverlustfall nach Erschöpfung des Borwasservorrats die Langzeitkühlung des Reaktorkerns sicherzustellen. Ausgelöst wurde die Schutzabschaltung durch einen Schaden der Statorwicklung des Pumpenmotors. Die Anlage wurde in den

¹Arbeitsausnutzung: Produzierte Energie bezogen auf die Nennleistung und eine hundertprozentige Zeitverfügbarkeit.

²Zeitverfügbarkeit: Zeitanteil, in dem das Werk im Kalenderjahr im Betrieb bzw. in betriebsbereitem Zustand war.

Anlagezustand «heiss abgestellt» abgefahren und später auf 150 °C abgekühlt. Nachdem die defekte Pumpe durch eine baugleiche Reservepumpe ersetzt worden war, konnte die Anlage am 23. Juli 2009 wieder angefahren werden.

Im **Block 2** ereigneten sich in diesem Jahr sechs Vorkommnisse. Fünf davon wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt, eines der Stufe 2:

- Am 12. Mai 2009 wurde die Probenahmepumpe des Aktivitätsmonitors zur Überwachung der Luft im Containment durch einen Schaltfehler des Drucktransmitters abgeschaltet. Damit konnten die Messkanäle keine für den Anlagenzustand repräsentativen Signale mehr verarbeiten und hätten somit im Anforderungsfall auch die vorgesehenen Sicherheitsfunktionen nicht ausgelöst. Die Störungsursache, ein Drift beim Drucktransmitter, konnte schnell wieder behoben werden. Die nachfolgend durchgeführte Funktionskontrolle zeigte die uneingeschränkte Verfügbarkeit der Kanäle des Aktivitätsmonitors. Die Aktivitätsüberwachung des Containments zeigte vor und nach der Störung konstante, tiefe Werte. Die Auswirkungen auf die Störfallvorsorge war gering, da die Auslösung der betroffenen Sicherheitsfunktionen durch die Kamininstrumentierung jederzeit ausreichend sichergestellt war.
- Am 28. Juli 2009 wurde als Vorbereitung für die Revisionsabstellung der Funktionstest der Brennelementlager-Notlüftungsanlage durchgeführt. Dabei fiel, für das Betriebspersonal unerwartet und unbemerkt, die Probenahmepumpe des Containment-Luftmonitors aus. Es handelte sich um die gleiche Probenahmepumpe, die bereits am 12. Mai 2009 ausgefallen war. Dementsprechend hatte der Ausfall die gleiche, geringe sicherheitstechnische Bedeutung. Dieser Zustand, der nicht in Betrieb stehenden Probenahmepumpe, wurde gleichentags beim periodischen Rundgang vor Ort festgestellt und die Pumpe wieder zugeschaltet. Die Ursache für die Störung war ein Defekt am Drucktransmitter, welcher im anschliessenden Revisionsstillstand ausgewechselt wurde.
- Am 31. Juli 2009 wurde der Block 2 des KKW Beznau für den Revisionsstillstand abgestellt. Zur Vorbereitung der während des Revisionsstillstandes durchzuführenden Druckprüfung des Primärkreises, die alle zehn Jahre erfolgt, brachten zwei Mitarbeiter im Raum unterhalb des Reaktordruckbehälters Leuchten für den späteren



Ein Strahlenschützer mit einer Teleskopsonde. Die gelben Bleimatten schirmen die Strahlung ab. Foto: KKB

Einsatz einer Kamera an. Durch diesen Raum verlaufen doppelwandige Rohre, in denen Sonden für die Messung des Neutronenflusses im Kern bewegt werden können. Während die beiden Mitarbeiter unterhalb des Reaktordruckbehälters arbeiteten, wurden von einem anderen Raum aus die Innenrohre für die Durchführung weiterer Arbeiten aus dem Reaktordruckbehälter gezogen. Weil die sich normalerweise im Reaktor befindlichen Rohrstücke und Sonden stark strahlen, stieg die Ortsdosisleistung unter dem Reaktordruckbehälter dadurch unvermittelt auf über 1000 mSv pro Stunde. Die beiden Mitarbeiter verliessen diese Arbeitsumgebung, sobald die Gefahr erkannt worden war. Der eine Mitarbeiter erhielt eine Personendosis von 37,8 mSv, der andere eine Dosis von 25,4 mSv.

Das ENSI verschaffte sich bereits am Tag des Vorkommnisses vor Ort einen Überblick über dessen Ablauf und versicherte sich, dass das KKW Beznau die erforderlichen Massnahmen für die Fortsetzung der Revisionsarbeiten getroffen hatte. Darüber hinaus verlangte das ENSI umfangreiche Abklärungen zur Rekonstruktion der radiologischen Situation während des Vorkommnisablaufs. Die mit Beteiligung eines unabhängigen, vom ENSI beauftragten Experten vorgenommene Rekonstruktion bestätigte, dass die gemessenen Personendosen plausibel sind. Das ENSI versicherte sich vor dem Wiederaufahren der Anlage nach den Revisionsarbeiten, dass zu diesem Zeitpunkt keine systematischen Mängel vorlagen, welche sich ungünstig auf das Wiederaufahren oder den Leistungsbetrieb hätten auswirken können.

Das Ereignis führte im Raum unterhalb des Reaktordruckbehälters bei geöffneten Abschirmtor zu einer Dosisleistung, die im vorliegenden Gebietstyp nicht zulässig war. Weil sich Personen in diesem Gebiet aufhielten, kam es zudem zu einer unzulässigen Strahlenbelastung von zwei Mitarbeitern. Nach dem aktuellen Kenntnisstand sind bei den gemessenen Dosen keine direkten gesundheitlichen Folgen zu erwarten.

Das ENSI hat das Vorkommnis gemäss den Vorgaben für die Anwendung der internationalen Ereignisskala INES als Zwischenfall mit einer Strahlenexposition von zwei Mitarbeitern oberhalb eines gesetzlichen Grenzwertes der INES-Stufe 2 zugeordnet.

Im Rahmen seiner Analyse hat das ENSI in zwei Bereichen Faktoren identifiziert, welche das Vorkommnis verursachten oder dazu beitrugen, dass es nicht verhindert wurde:

Der eine Bereich betrifft die Revisionsplanung. Bei der Planung der Revision wurde ein Computerprogramm verwendet, ohne die zeitlichen Abhängigkeiten zwischen Vorgängen so abzubilden, dass alle sicherheitsrelevanten Konflikte zwischen verschiedenen Tätigkeiten zuverlässig erkannt werden können. Dies gilt insbesondere bei Änderungen. Bei der Änderung der Re-

visionsplanung wurden die zuständigen Stellen für Strahlenschutz und der Elektrotechnik nicht ausreichend einbezogen und informiert. Für Arbeiten, die in einer bestimmten Abfolge durchgeführt werden müssen, war im Instandhaltungsauftrag der Abschluss der zuvor erfolgten Tätigkeit nicht systematisch als Vorbedingung festgelegt. Zum Zeitpunkt des Ereignisses waren Arbeitsaufträge, die nacheinander auszuführen waren, zeitgleich ausgegeben worden. Zudem waren wichtige Tätigkeiten nicht im Gesamtauftrag enthalten, namentlich die Kontrolle der Bleiabschirmung vor dem Raum unter dem Reaktordruckbehälter.

Der andere Bereich betrifft den radiologischen Arbeitsschutz. Die Alarmschwelle des elektronischen Dosimeters, die bei einer Dosisleistung von 1 mSv pro Stunde eingestellt war, wurde für die Arbeit unter dem Reaktordruckbehälter, wo bei nicht gezogenen Innenrohren der Neutronenfluss-Messeinrichtung Dosisleistungen von 1 bis 1,5 mSv pro Stunde vorherrschen, nicht angepasst. Deshalb war der Dosisleistungsalarm dauernd hörbar, der nach dem Ziehen des ersten Innenrohres innert kürzester Zeit anstehende Dosisalarm hingegen nicht. Der bei 10 mSv eingestellte Dosisalarm hätte bei sofortigem Verlas-



Arbeiten während
der Revision in der
Reaktorgarbe.
Foto: KKB

sen des Arbeitsplatzes verhindert, dass der Dosisgrenzwert von 20 mSv überschritten worden wäre. Weil im Bereich der Reaktorbodenkammer auch kein Pegelwächter installiert war, konnten die beiden Mitarbeiter die Gefahr nicht erkennen.

Das ENSI kann aufgrund der Ergebnisse der bisherigen Abklärungen nicht ausschliessen, dass eine Übertretung nach Art. 44 Abs. 1 Bst. b des Strahlenschutzgesetzes vorliegt, nämlich dass das KKB bei den betroffenen Revisionsarbeiten die notwendigen Massnahmen zur Einhaltung der Dosisgrenzwerte nicht getroffen hat. Das ENSI hat deshalb ein Verfahren gemäss Verwaltungsstrafrechtsgesetz eröffnet, das bei Redaktionsschluss des Aufsichtsberichts noch hängig war.

- Ein Hauptspeisewasser-Regelventil schloss am 26. Oktober 2009 störungsbedingt. Dadurch wurde einer der beiden Dampferzeuger nicht mehr mit Kühlwasser versorgt. Dies führte wegen des absinkenden Füllstandes im betroffenen Dampferzeuger auslegungsgemäss zu einer Reaktorschnellabschaltung.

Bereits am 19. September 2009 sowie am 23. September 2009 war es störungsbedingt zu kleineren Unregelmässigkeiten des Speisewasserdurchflusses zum einen Dampferzeuger gekommen, ohne dass diese zu einer Reaktorschnellabschaltung geführt hatten. Aufgrund dieser Unregelmässigkeiten wurden bereits damals zusätzliche Überwachungsgeräte installiert und verschiedene Komponenten präventiv ausgetauscht.

Nach der Reaktorschnellabschaltung ortete das KKB die Störungsursache im Bereich der Speisewasser-Regelung und ging davon aus, das elektropneumatische Stellglied habe die Störung verursacht. Nach dessen Austausch, der Installation von zusätzlichen Messeinrichtungen und erfolgreicher Ausprüfung des Speisewasser-Regelventils wurde die Anlage wieder angefahren.

- Beim periodischen Probelauf des Notstanddiesel-Aggregats am 3. November 2009 funktionierte die Schmierölversorgung des Generatorlagers nicht, was zu einer erhöhten Lagertemperatur führte. Deshalb brach der verantwortliche Operateur den Probelauf vorsorglich ab. Wie umfangreiche Untersuchungen zeigten, fiel die Schmierölversorgung aus, weil nach dem Schmierölwechsel im Revisionsstillstand das Schmieröl-Rohrleitungssystem ungenügend entlüftet worden war.

In der Zeit vom 3. bis 6. November 2009 war das Notstanddiesel-Aggregat wegen Untersuchungen zur Fehlerursache mehrere Male kurzzeitig un verfügbar. Anschliessend wurde der Probelauf erfolgreich durchgeführt. Das KKB ergänzte die Prüfvorschrift für das Notstanddiesel-Aggregat im Bereich des Lager-Schmierölsystems.

- Wie bereits am 26. Oktober 2009, schloss ein Hauptspeisewasser-Regelventil am 4. November 2009 störungsbedingt. Dadurch wurde einer der beiden Dampferzeuger nicht mehr mit Kühlwasser versorgt. Dies führte wegen des absinkenden Füllstandes im betroffenen Dampferzeuger auslegungsgemäss zu einer Reaktorschnellabschaltung. Bei den anschliessend durchgeführten Untersuchungen wurden versprödete Dichtungen an einem vom Notstandsystem angesteuerten Magnetventil festgestellt. Das KKB tauschte das fehlerhafte Magnetventil aus und veranlasste eine Anpassung des Wartungsplans für die Magnetventile an den Speisewasser-Regelventilen. Zudem wurden weitere Abklärungen zu den Fehlermechanismen eingeleitet.

Das nachfolgend beschriebene Vorkommnis betrifft beide Blöcke. Es handelt sich um ein Vorkommnis welches vom ENSI der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt wurde:

Bei der Aktualisierung der Probabilistischen Sicherheitsanalyse wurde die Festigkeit des Maschinenhauses bezüglich Windlasten neu berechnet. Dabei zeigte sich, dass bei Windgeschwindigkeiten von mehr als 120 km/h einzelne Bauteile des Fachwerks überbeansprucht werden können, was zu einer Dachbeschädigung im Westteil des Maschinenhauses führen kann. Ein Versagen dieses Dachteils könnte sicherheitsrelevante Systeme beschädigen. Die Wärmeabfuhr aus dem Reaktorkern wäre dennoch sichergestellt.

Die ungenügende Festigkeit des Maschinenhauses besteht seit dem Jahr 1993, als die ursprüngliche Dachhaut durch eine leichtere ersetzt worden ist, was bei sehr starkem Wind zu Sogkräften führt, die grösser sind als die Eigenlast des Daches. Beim Orkan Lothar im Jahr 1999 traten keine Schäden am Dach auf.

Das KKB hat für Windgeschwindigkeiten von mehr als 120 km/h eine Zugangsbeschränkung für das Maschinenhaus angeordnet. Das KKB plant, die Dachkonstruktion im Jahr 2010 so zu modifizieren, dass die geltenden Anforderungen für Windlasten wieder erfüllt werden.

Eine Zusammenstellung von Vorkommnissen der vergangenen zehn Jahre ist im Anhang in Figur 2

dargestellt. Eine Übersicht über die meldepflichtigen Vorkommnisse im Berichtsjahr findet sich in Tabelle 4.

1.3 Anlagetechnik

1.3.1 Revisionsarbeiten

Der **Block 1** wurde vom 23. Juni bis 4. Juli 2009 vom Netz getrennt und für den Kurzstillstand abgestellt. Er diente primär dem Brennelementwechsel. Die übrigen Arbeiten konzentrierten sich auf die System- und Komponententests beim Abfahren sowie beim Wiederanfahren der Anlage. Bei den Inspektionen des Reaktordeckels wurde im oberen Bereich an drei Regelstab-Antriebsstangengehäusen geringfügige Borsäureablagerungen entdeckt (vgl. Kap. 1.2).

Im Rahmen der Wiederholungsprüfungen elektrischer Ausrüstungen wurden alle von der Technischen Spezifikation verlangten wiederkehrenden Funktionskontrollen und Prüfungen an elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen erfolgreich durchgeführt.

Im Revisionsstillstand des **Blocks 2** vom 31. Juli bis 15. September 2009 wurden geplante Tätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen mechanischer und elektrischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. In Ergänzung zu den Revisionsarbeiten wurden zahlreiche Anlageänderungen vorgenommen (vgl. Kap. 1.3.2).

Nachfolgend sind die wichtigsten zerstörungsfreien Prüfungen an Behältern und Rohrleitungen aufgeführt:

- Zwei integrale Prüfungen fanden an den klassierten Komponenten der Primäranlage statt, die Wiederholungsdruckprüfung des Reaktor-Kühlkreislaufes und der Integrale Leckratentest des Containments. Beide Prüfungen wurden korrekt durchgeführt und ergaben keine Beanstandungen an den geprüften Anlageteilen.
- Die Bodendurchführungen des Reaktordruckbehälters (RDB) wurden sowohl volumetrisch mit Ultraschall und Wirbelstrom als auch visuell im abisolierten Zustand von der Unterseite her geprüft. Es ergaben sich keine Hinweise auf Leckagen oder betriebsbedingte Schädigungen.
- Weiter fanden die visuellen Prüfungen am RDB-Deckel, die Prüfung der RDB-Gewindebolzen und der Aufhängelaschen am RDB-Deckel sowie

die Prüfung der Mannloch-Bolzen und –Dichtflächen am Druckhalter statt. Bei allen Prüfungen an klassierten mechanischen Ausrüstungen gab es keine sicherheitstechnisch relevante Befunde.

- An den Frischdampfleitungen im klassierten Bereich und an den Speisewasserleitungen im unklassierten Bereich wurden wiederum Wanddickenmessungen durchgeführt. Dabei ergaben sich an mehreren Bögen im unklassierten Bereich der Speisewasserleitungen Unterschreitungen der rechnerischen Mindestwandstärke. Die detaillierte Bewertung zeigte, dass bei diesen Bögen die Bedingungen für einen unbefristeten Weiterbetrieb erfüllt sind. Das KKB geht davon aus, dass die Unterschreitungen herstellungsbedingt sind. Das ENSI inspizierte die Durchführung der Wanddickenmessungen an den Speisewasserleitungen und ist mit den Schlussfolgerungen einverstanden.

Im Rahmen der Wiederholungsprüfungen elektrischer Ausrüstungen wurden alle von der Technischen Spezifikation verlangten wiederkehrenden Funktionskontrollen und Prüfungen an elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen erfolgreich durchgeführt.

1.3.2 Anlageänderungen

Im **Block 1** wurden folgende Anlageänderungen durchgeführt:

- Bei der Erneuerung der Nebenanlagen wurden die freigegebenen Montagearbeiten weitergeführt. Es handelt sich hauptsächlich um Kabelinstallationen.
- An den elektrischen Zuleitungskabeln zu den Druckhalter-Heizelementen sind einige Schrumpfschläuche, welche zur Isolation der Leiter dienen, thermisch degradiert und versprödet. Um einen Kurzschluss zwischen den Leitern dauerhaft zu verhindern und einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten, wurden die betroffenen Stellen mit einem hitzebeständigen Isolierschlauch versehen.
- Die Kraftölleitungen aller vier Turbogruppen werden mehr oder weniger stark durch von der Hauptölpumpe ausgehende Pulsationen zum Schwingen angeregt. Das ist bei den Turbogruppen TG 12 (Block 1) und TG 21 (Block 2) speziell ausgeprägt, weshalb in der Vergangenheit Pulsationsdämpfer eingebaut wurden. Diese erfüllen ihren Zweck, solange die Blasenspeicher gefüllt sind. Die Betriebserfahrung hat jedoch gezeigt, dass die Standzeiten dieser Blasenspeicher nicht über die ganze Betriebsperiode reichen. In

der letzten Zeit musste deshalb zweimal eine Turbogruppe ungeplant abgestellt werden. Zur Reduktion der Beanspruchung der Blasenspeicher durch Schwingungen wurde deshalb während des Revisionstillstandes ein Ritzel eingebaut, das die Betriebsdrehzahl der Hauptölpumpe reduziert.

Im **Block 2** wurden folgende Anlagenänderungen durchgeführt:

- Aufgrund ungünstiger externer Betriebserfahrungen wurden an den 29 Regelstabführungsrohren an deren unterem Flansch die zwei vorhandenen Zentrierstifte präventiv ersetzt. Gleichzeitig wurden pro Regelstabführungsrohr am Verbindungsflansch zur Tragplatte die vier Zylinderkopfschrauben mit Sicherungselementen ersetzt. An den ausgetauschten Teilen wurden keine Anomalien entdeckt.
- Aus den gleichen Gründen hat KKB mit dem Austausch von Kernumfassungsschrauben begonnen. Der Austausch verlief plangemäss und wird nach einem vom Hersteller festgelegten Muster im Jahre 2010 in beiden Blöcken fortgesetzt.
- Die beidenseit der Inbetriebnahme des Werkes im Einsatz stehenden Ringraumkompressoren wurden durch gleichwertige, ölfreie Kaltkompressoren ersetzt. Zugleich wurden die Anschlussleitungen und die elektrische Steuerung erneuert.
- Der Notstanddiesel wurde gegen einen baugleichen, generalüberholten Motor ersetzt. Zugleich wurde der Generator beim Lieferanten einer Totalrevision unterworfen.
- Im Rahmen des Alterungsüberwachungsprogramms wurden die Motoren von zwei Sicherheitseinspeisepumpen ersetzt.
- Aufgrund von Erfahrungen bei der Durchführung von Dichtheitsprüfungen am Primärcontainment wurden an fünf Positionen Anschlussstutzen installiert.
- Mit dem Austausch des vierten Generatorrotors verfügen jetzt alle Generatoren in beiden Blöcken über den gleichen Ausführungsstand. Mit den getroffenen Massnahmen sollen die Rotoren ein besseres Laufverhalten bei Blindleistungsänderungen aufweisen.
- Aus Gründen des Instandhaltungsaufwandes und der Ersatzteilsituation werden die seit 40 Jahren im Einsatz stehenden Niederspannungsleistungsschalter ersetzt. Insgesamt sind 125 Schalter im Einsatz und sollen innerhalb der nächsten fünf Jahre ersetzt werden. In einer ersten Austauschaktion wurden 17 Schalter in den unklassierten Schaltanlagen ausgewechselt.

Die geänderten Systeme respektive Komponenten wurden vor dem Wiederauffahren der Anlage durch entsprechende Inbetriebsetzungs-Programme und im Rahmen der integralen Funktionsprüfungen getestet. Sie funktionierten einwandfrei.

In den Fällen, in denen die Kernenergieverordnung dies verlangt, hat das ENSI diese Änderungen freigegeben. Es hat zudem deren Durchführung im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit verfolgt und sich von der korrekten Umsetzung überzeugt.

1.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im KKB werden beide Reaktoren mit je 121 Brennelementen betrieben. Im Berichtszeitraum gab es keine Defekte an Brennelementen, so dass die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe gewährleistet war.

Während der kurzen Abstellung wurden im Block 1 insgesamt 20 neue Brennelemente mit wiederaufgearbeitetem Uran (WAU) eingesetzt, das bis zu 4,65 Gewichtsprozent an Spaltstoff enthält. Der Reaktorkern enthält im 38. Betriebszyklus 17 Uran-, 88 WAU- und 16 Uran-Plutonium-Mischoxidbrennelemente (MOX).

Auch im Block 2 wurden während der Revisionsabstellung 20 neue Brennelemente mit WAU-Brennstoff eingesetzt. Der Reaktorkern enthält im 36. Betriebszyklus 9 Uran-, 84 WAU- und 28 MOX-Brennelemente.

Westansicht des Kernkraftwerks Beznau.
Foto: KKB



Bei der Brennelementhandhabung wurden alle Sicherheitsmassnahmen eingehalten. Beide Reaktoren wurden mit freigegebenen und auf Qualität geprüften Brennelementen bestückt. Die neuen Kernbeladungen erfüllten entsprechend der Dokumentation alle Anforderungen. Es lagen keine Hinweise auf Steuerelementdefekte vor. Deshalb wurden gemäss der mit dem ENSI abgestimmten langfristigen Inspektionsplanung keine Steuerelementinspektionen durchgeführt.

Im Berichtszeitraum sind die Reaktorkerne beider Blöcke auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Das Wiederanfahren beider Blöcke verlief einwandfrei und wurde vor Ort durch das ENSI inspiziert. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnungen überein. Die Betriebsgrenzen wurden eingehalten.

1.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2009 wurden im KKB folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	KKB 1	KKB 2	KKB 1 und 2
Revisionsstillstand	109 Pers.-mSv	380 Pers.-mSv	489 Pers.-mSv
Leistungsbetrieb	74 Pers.-mSv	67 Pers.-mSv	141 Pers.-mSv
Jahreskollektivdosis	183 Pers.-mSv	447 Pers.-mSv	630 Pers.-mSv

Die akkumulierte Jahreskollektivdosis in beiden Blöcken war etwa gleich wie in den Vorjahren. Wegen einer unzulässigen Bestrahlung von zwei Mitarbeitenden betragen die höchsten im KKB registrierten Individualdosen 37,8 mSv bzw. 25,4 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde in diesen beiden Fällen deutlich überschritten. Abgesehen von den über dem Grenzwert liegenden Strahlendosen betrug die maximale Individualdosis 9,4 mSv und lag somit unterhalb des KKB-internen Richtwerts von 10 mSv pro Person und Jahr. Es traten weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf. Das Abfahren zum geplanten Brennelementwechsel im Block 1 verlief ohne Hinweise auf Brennelementschäden. Die Arbeiten während der Revision führten zu einer Kollektivdosis von 109 Pers.-mSv. Es wurden keine dosisintensiven Arbeiten während dem Brennelementwechsel durchgeführt.

Im Block 2 wurde im Berichtsjahr eine geplante Revisionsabstellung durchgeführt. Das Abfahren verlief wie im Block 1 ohne Hinweise auf Brennelementschäden. Die Kollektivdosis des Personals für die Revisionsabstellung wurde mit 352 Pers.-mSv geplant. Die während der Revision akkumulierte Kollektivdosis betrug 380 Pers.-mSv. Darin ist die durch die unzulässige Bestrahlung von zwei Mitarbeitenden (vgl. Kap. 1.2) am 3. August 2009 verursachte, zusätzliche Kollektivdosis von rund 60 Pers.-mSv enthalten.

Das ENSI stellte fest, dass der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz ausreichend war, um die administrativen und technischen Schutz- und Überwachungsaufgaben korrekt auszuüben und sicherzustellen. Als Folge der unzulässigen Bestrahlungen von zwei KKB-Mitarbeitern müssen jedoch einige organisatorische Abläufe und praktische Überwachungsmassnahmen in Bereichen mit potenziell hohen Ortsdosisleistungen seitens KKB verbessert werden.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser ohne Tritium. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKB betragen rund 16 % des Jahresgrenzwertes. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern zeigten Übereinstimmung mit den vom KKB gemeldeten Analyseergebnissen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnete das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen ca. als 0,003 mSv für Erwachsene, 0,004 mSv für Zehnjährige und 0,006 mSv für Kleinkinder und lagen somit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwertes von 0,3 mSv/Jahr gemäss der Richtlinie R-11. Im Vergleich zum Vorjahr sind diese Dosiswerte jedoch deutlich höher, was darauf zurückgeführt werden kann, dass sich gemäss den Messungen des KKB bei den Kohlenstoff-14-Abgaben eine Verschiebung von organischen zu dosisrelevanteren anorganischen Kohlenstoffverbindungen (CO₂) ergeben hat.

Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes ergaben keine durch den Betrieb der

Anlage erhöhten Werte. Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals die Dosis messen, zeigten keine nennenswerte Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKB wurden ebenfalls keine signifikanten Erhöhungen gegenüber der Untergrundstrahlung festgestellt. Die nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb der Anlage Bezau wird auf den Strahlenschutzbericht 2009 des ENSI verwiesen.

1.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKB regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 68 m³ deutlich höher als im Vorjahr. Diese Zunahme ist auf verschiedene umfangreiche Projekte im KKB zurückzuführen (z.B. Erneuerung der Nebenanlagen, Primäranlage Brandschutz, Ertüchtigung materieller Widerstandswerte, Betriebsdauermanagement). Ferner wurden auch 72 Gebinde mit kontaminiertem Material aus der Böschung des Oberwasserkanals abgefüllt.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKB vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt (Nebenanlagegebäude, ZWIBEZ). Der Bestand an unkonditionierten Abfällen liegt im KKB mit 170 m³ leicht über dem Fünfjahresmittelwert. Er liegt aber innerhalb der Schwankungsbreite.

Als Konditionierungsverfahren kommen im KKB die Einbindung von Harzen in Polystyrol sowie die Zementierung von Schlämmen zum Einsatz. Für alle Verfahren liegen die gemäss Kernenergiever-

ordnung und Richtlinie B05 erforderlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden verbrauchte Ionenaustauscherharze und Schlämme konditioniert.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in die werkseigenen Zwischenlager (Rückstandslager und SAA-Lager des ZWIBEZ) eingelagert. Die radioaktiven Abfälle des KKB sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Ein wichtiges Element bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKB wurden im Jahr 2009 insgesamt 35,6 t meldepflichtiges Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie B04 freigemessen. Dabei handelte es sich zu 74 % um metallischen Schrott.

Seit 2008 ist ein Teil des Zwischenlagers ZWIBEZ (HAA-Lager) für die Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern mit abgebrannten Brennelementen in Betrieb. Der zweite Transport- und Lagerbehälter mit 37 abgebrannten Brennelementen aus dem Block 1 wurde im März 2009 eingelagert. Das ENSI hat dem Einlagerungsantrag zugestimmt und die Arbeiten inspiziert.

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 hat im Juni 2009 an der Stabsnotfallübung OBSCURA die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Bei der Übung wurde folgendes Szenario unterstellt: Eine Überflutung der Kraftwerksinsel führte zu einem Ausfall der externen Stromversorgung und zusammen mit einem am Vortag entdeckten Problem mit dem Flutdiesel zu einem Stromausfall im Block 1. Der Block 2 befand sich im Stillstand zum Brennelementwechsel. Während der Überflutung waren keine externen Unterstützungsaktionen möglich. Aufgrund ihrer Übungsbeobachtungen kam das ENSI zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie B-11 erreicht wurden.

Eine Inspektion im Dezember 2009 hat gezeigt, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit sind. Im Dezember 2009 löste das ENSI im KKB ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes gemäss Richtlinie B-11 bestätigt wurde.

1.7 Personal und Organisation

1.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKB neu einen Stab des Kraftwerksleiters gebildet, welcher sich, neben weiteren Aufgaben insbesondere mit strategischen Projekten des KKB, dem Gesamtprojektmanagement, der Notfallvorsorge und dem Sicherheitscontrolling befasst. Diese neue Organisationseinheit wird vom Stellvertreter des Kraftwerksleiters geführt. Ende 2009 betrug der Personalbestand des KKB 525 (2008: 513) Personen.

Das KKB beteiligt sich gemeinsam mit dem KKL sowie einem Unternehmen der Luftfahrt am Projekt «Safety-Management-Informationssystem» der Fachhochschule Nordwestschweiz. Dabei sollen die für die Sicherheit im Unternehmen relevanten Eigenschaften identifiziert und bewertet werden.

Zur Förderung einer guten Sicherheitskultur wurden die Mitarbeitenden des KKB zum Umgang mit Fehlern sensibilisiert. Mit Unterstützung der Fachhochschule Nordwestschweiz hat das KKB einen Workshop mit rund 100 Mitarbeitenden durchgeführt. Thema waren organisatorische und menschliche Faktoren der Entstehung und Vermeidung von Ereignissen.

Im März absolvierte das KKB das Aufrechterhaltungsaudit seines integrierten Managementsystems erfolgreich.

1.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestand ein Reaktoroperateur-Anwärter des KKB unter Aufsicht des ENSI die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagen-ausbildung an der PSI-Technikerschule. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur.

Fünf Reaktoroperateure und zwei Schichtchefs des KKB legten ihre Zulassungsprüfung unter Aufsicht des ENSI 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. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI inspizierte das Jahresprogramm der Wiederholungsschulung für das zulassungspflichtige Personal. Ein Inspektionsschwerpunkt war die Wiederholungsschulung am Anlagesimulator, da sie einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Kompetenz des Schichtteams zur Beherrschung von sicherheitsrelevanten Störfällen und Betriebs-situationen liefert. Umfang und Methoden entsprachen den Vorgaben des Regelwerks. Zudem inspizierte das ENSI das Verfahren der Ausbildung zum Schichtchef und die Ausbildung des Instandhaltungspersonals der Abteilungen Maschinenteknik und Elektrotechnik und stellte dabei keine Abweichungen von den Vorgaben fest.

1.8 Sicherheitsbewertung

1.8.1 Block 1

Im Jahr 2009 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System über 140 Inspektionsgegenstände, Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen und Sicherheitsindikatoren bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit (einschliesslich für beide Blöcke relevante Beurteilungen). Dabei kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

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

Sicherheitsbewertung 2009 KKB1:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Im Folgenden werden jene Zellenbewertungen begründet, die in die Kategorien A (Abweichung) und höher gehören. Die aufgeführten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 1.1 bis 1.7 ausführlicher behandelt. Die Mehrzahl der Sachverhalte ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung. Deshalb erscheinen dieselben Sachverhalte im Folgenden mehrfach.

Ebene 1, Auslegungsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Wegen einer Auslegungsabweichung der Dachbinder weisen Teile des Maschinenhausdaches eine ungenügende Festigkeit gegenüber Windlasten auf.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Ein durch die Auslegungsabweichung der Dachbinder bei Starkwinden nicht auszuschliessendes Versagen des Maschinenhausdaches könnte zu einer eingeschränkten Verfügbarkeit der sekundärseitigen Wärmeabfuhr führen. Der in einem solchen Fall erreichte Zustand wäre aber dank diversitären Systemen während einer befristeten Zeit weiterhin zulässig.

- Ein undichtes Handventil im Probenahmesystem des Gasabklingtanks führte zu einer Containment-Teilisolation.

Ebene 1, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Bei der Sanierung des Maschinenhausdaches im Jahr 1993 erfolgten Planungsfehler.

Ebene 2, Auslegungsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die unter Ebene 1 genannte Auslegungsabweichung des Maschinenhausdaches hat auch eine Bedeutung für die Ebene 2.

Ebene 2, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Ein während 12 Sekunden falscher Messwert der Kamininstrumentierung führte zu einer Containment-Teilisolation.

- Die möglichen Auswirkungen eines Versagens des Maschinenhausdaches haben auch eine Bedeutung für die Ebene 2.

- Die Undichtheit des Handventils im Probenahmesystem hat auch eine Bedeutung für die Ebene 2.

Ebene 2, Zustand und Verhalten von Mensch und

Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Der unter Ebene 1 erwähnte, bei der Sanierung des Maschinenhausdaches erfolgte Planungsfehler hat auch eine Bedeutung für die Ebene 2.

Ebene 3, Auslegungsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die unter Ebene 1 genannte Auslegungsabweichung des Maschinenhausdaches hat auch eine Bedeutung für die Ebene 3.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Bei einem Probelauf fiel eine von vier Rezirkulationspumpen durch eine Schutzabschaltung aus, weshalb die Anlage für die Instandsetzung abgefahren werden musste.

- Das DIS-Dosimetriesystem liefert im Hochdosisbereich für die Oberflächendosis falsche Messwerte, was eine Abweichung von den Anforderungen der Dosimetrieverordnung bedeutet. Der Fehler kann jedoch im Bedarfsfall durch eine Nachkalibrierung kompensiert werden.

- Der unter Ebene 2 genannte Messwertfehler der Kamininstrumentierung hat auch eine Bedeutung für die Ebene 3.

- Die unter Ebene 1 genannten möglichen Auswirkungen eines Versagens des Maschinenhausdaches haben auch eine Bedeutung für die Ebene 3.

Ebene 3, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Der unter Ebene 1 erwähnte, bei der Sanierung des Maschinenhausdaches erfolgte Planungsfehler hat auch eine Bedeutung für die Ebene 3.

Integrität des Primärkreises, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Bei drei Regelstab-Antriebsstangengehäusen wurden an Lippendichtschweissnähten Borsäureablagerungen gefunden.

Ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die Auslegungsabweichung der Dachbinder des Maschinenhauses führt zu einer leichten Risikoerhöhung.

Für den Block 1 des KKB bewertete das ENSI alle Sicherheitsindikatoren als im Normalbereich liegend und ordnete ihnen auf der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala die Kategorie N zu.

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeord-

net worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

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

Sicherheitsbewertung 2009 KKB1:

Schutzziel-Perspektive

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

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

1.8.2 Block 2

Im Jahr 2009 beurteilte das ENSI über 170 Inspektionsgegenstände, Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen und Sicherheitsindikatoren bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit (einschliesslich für beide Blöcke relevante Beurteilungen). Dabei kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

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

Sicherheitsbewertung 2009 KKB2:

Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Ebene 1, Auslegungsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Bei einer Nichtverfügbarkeit der radiologischen Überwachung der Sicherheitsgebäudeluft zeigte

sich, dass mit den vorhandenen Anzeigen im Hauptkommandoraum ein Ausfall nicht in jedem Fall erkennbar ist.

- Die beim Block 1 genannte Auslegungsabweichung des Maschinenhausdaches hat auch eine Bedeutung für den Block 2.

Ebene 1, Betriebsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Schwachstellen im Absicherungsverfahren verschiedener Tätigkeiten, die nicht gleichzeitig erfolgen dürfen, führten in Kombination mit weiteren Faktoren zur Überschreitung der zulässigen Strahlendosis bei zwei Mitarbeitern.
- Schwachstellen im Konzept zur Überwachung der Ortsdosisleistung führten in Kombination mit weiteren Faktoren zur Überschreitung der zulässigen Strahlendosis bei zwei Mitarbeitern.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

Ebene 1, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Eine Versprödung an Dichtungen eines Magnetventils des Hauptspeisewassersystems führte innerhalb von neun Tagen zu zwei Reaktorschnellabschaltungen.

- Die radiologische Überwachung der Sicherheitsgebäudeluft war einmal während 6 Stunden und einmal während 10 Stunden nicht verfügbar.

- Die beim Block 1 erwähnten Auswirkungen eines bei Starkwinden nicht auszuschliessenden Versagens des Maschinenhausdaches haben auch eine Bedeutung für den Block 2.

Ebene 1, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Schwachstellen im Vorgehen bei der Vorverlegung einer Revisionstätigkeit führten in Kombination mit weiteren Faktoren zur Überschreitung der zulässigen Strahlendosis bei zwei Mitarbeitern.

- Der beim Block 1 erwähnte Planungsfehler bei der Sanierung des Maschinenhausdaches im Jahr 1993 hat auch eine Bedeutung für den Block 2.

Ebene 2, Auslegungsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die unter Ebene 1 erwähnte Schwachstelle der Ausfallsignalisierung der radiologischen Überwachung der Sicherheitsgebäudeluft hat auch eine Bedeutung für die Ebene 2.

- Die beim Block 1 genannte Auslegungsabweichung des Maschinenhausdaches hat auch eine Bedeutung für den Block 2.

Ebene 2, Betriebsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

■ Die unter Ebene 1 genannten Schwachstellen im Konzept zur Überwachung der Ortsdosisleistung haben auch eine Bedeutung für die Ebene 2.

Ebene 2, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

■ Die unter Ebene 1 genannte Versprödung an Dichtungen eines Magnetventils des Hauptspeisewassersystems hat auch eine Bedeutung für die Ebene 2.

■ Die unter Ebene 1 genannten Ausfälle der radiologischen Überwachung der Sicherheitsgebäudeluft haben auch eine Bedeutung für die Ebene 2.

■ Die beim Block 1 erwähnten Auswirkungen eines bei Starkwinden nicht auszuschliessenden Versagens des Maschinenhausdaches haben auch eine Bedeutung für den Block 2.

Ebene 2, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

■ Der beim Block 1 erwähnte Planungsfehler bei der Sanierung des Maschinenhausdaches im Jahr 1993 hat auch eine Bedeutung für den Block 2.

Ebene 3, Auslegungsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

■ Die unter Ebene 1 erwähnte Schwachstelle der Ausfallsignalisierung der radiologischen Überwachung der Sicherheitsgebäudeluft hat auch eine Bedeutung für die Ebene 3.

■ Die beim Block 1 genannte Auslegungsabweichung des Maschinenhausdaches hat auch eine Bedeutung für den Block 2.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

■ Aufgrund erhöhter Lagertemperatur musste der Notstanddieselgenerator zur Instandsetzung freigeschaltet werden und war dadurch kurzfristig un verfügbar.

■ Die unter Ebene 1 genannten Ausfälle der radiologischen Überwachung der Sicherheitsgebäudeluft haben auch eine Bedeutung für die Ebene 2.

■ Die beim Block 1 erwähnten Auswirkungen eines bei Starkwinden nicht auszuschliessenden Versagens des Maschinenhausdaches haben auch eine Bedeutung für den Block 2.

■ Der beim Block 1 erwähnte Fehler des DIS-Dosimetriesystems hat auch eine Bedeutung für den Block 2.

Ebene 3, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

■ Der beim Block 1 erwähnte Planungsfehler bei der Sanierung des Maschinenhausdaches im Jahr 1993 hat auch eine Bedeutung für den Block 2.

Ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

■ Die beiden unter Ebene 1 genannten Reaktorschnellabschaltungen führten zu einer leichten Risikoerhöhung.

■ Die unter Ebene 3 erwähnte Unverfügbarkeit des Notstanddieselgenerators führte zu einer leichten Risikoerhöhung.

■ Die beim Block 1 erwähnte Auslegungsabweichung der Dachbinder des Maschinenhauses führt auch beim Block 2 zu einer leichten Risikoerhöhung.

Für den Block 2 des KKB beurteilte das ENSI den Wert des Sicherheitsindikators «Anzahl ungeplanter Reaktorschnellabschaltungen» aufgrund der zwei in diesem Jahr erfolgten ungeplanten Reaktorschnellabschaltungen als verbesserungsbedürftig (Kategorie V der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala). Die übrigen Sicherheitsindikatoren wurden als im Normalbereich liegend bewertet und damit der Kategorie N zugeordnet.

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Zusätzlich abzubilden sind die radiologischen Auswirkungen des Vorkommnisses vom 3. August 2009. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
	Ziele				
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität			N	
	Kühlung der Brennelemente	A	V	A	A
	Einschluss radioaktiver Stoffe	A	N	A	V
	Begrenzung der Strahlenexposition	V	A	1	2
	schutzzielübergreifende Bedeutung		N	A	N

Sicherheitsbewertung 2009 KKB2:

Schutzziel-Perspektive

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

An dieser Stelle werden nur jene Sachverhalten erwähnt, die nicht bereits aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge behandelt worden sind.

Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition», Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie 1 der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Beim Vorkommnis vom 3. August 2009 kam es im Raum unterhalb des Reaktordruckbehälters bei geöffnetem Abschirmtor zu einer Dosisleistung, die im vorliegenden Gebietstyp nicht zulässig war.

Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition», Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie 2 der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Beim Vorkommnis vom 3. August 2009 kam es zur Überschreitung der zulässigen Strahlendosis bei zwei Mitarbeitern.

Das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition» wurde beim Vorkommnis vom 3. August 2009 verletzt. Mit Ausnahme dieser Situation waren die Schutzziele im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

1.8.3 Gesamtbeurteilung

Für das Kernkraftwerk Beznau wird die Gesamtbeurteilung der **Anlage** im Jahr 2009 geprägt von der ungenügenden Windfestigkeit des Maschinenhausdaches und den beiden Reaktorschnellabschaltungen. Die ungenügende Windfestigkeit des Maschinenhausdaches geht auf organisatorische Mängel zurück, nämlich auf Fehler bei der Planung der Dachsanierung im Jahre 1993.

Die Gesamtbeurteilung von **Mensch und Organisation** wird dominiert von einer Reihe organisatorischer Schwachstellen, die miteinander kombiniert zur Überschreitung der zulässigen Strahlendosis bei zwei Mitarbeitern geführt oder diese nicht verhindert haben.

Das Risiko des KKB ist sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwertes. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und

über das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich im Vergleich zur natürlich auftretenden Strahlenexposition nur eine unbedeutende zusätzliche Strahlendosis für die Bevölkerung, welche nach Strahlenschutzgesetzgebung in jedem Fall als optimiert und gerechtfertigt gilt.

Aus Sicht des Strahlenschutzes wurden die Routinearbeiten während des Leistungsbetriebs gut durchgeführt. Bei den Revisionsarbeiten kam es im Block 2 wegen mangelhafter Planung zu einer unbeabsichtigten Exposition von zwei Mitarbeitern, die auch Schwächen bei der Überwachung durch den operationellen Strahlenschutz zeigte. Unter Berücksichtigung des in beiden Blöcken jährlich abwechselnden Arbeitsumfangs ist die Strahlenexposition des Personals vergleichbar mit den Vorjahren; die Revisionsdosis im Block 2 wäre allerdings ohne den Vorfall vom 3. August 2009 um rund 20% niedriger. Das ENSI bestätigt, dass die Exposition des Personals im Sinne der Strahlenschutzverordnung überwiegend gerechtfertigt, weitgehend optimiert und bis auf den beschriebenen Vorfall innerhalb der vorgegebenen Grenzen ist.

Das ENSI stellt fest, dass im KKB während des Jahres 2009 die bewilligten Betriebsbedingungen ausser beim Vorkommnis vom 3. August 2009, bei dem zwei Mitarbeiter einer nicht zulässigen Strahlendosis ausgesetzt wurden, stets eingehalten wurden. Aufgrund dieses Vorkommnisses und der ungenügenden Windfestigkeit des Maschinenhausdaches beurteilt das ENSI die Betriebssicherheit des KKB als ausreichend. Das ENSI hat aufgrund des Vorkommnisses vom 3. August 2009 umfangreiche Forderungen gestellt. Zudem hat es ein Verfahren nach Verwaltungsstrafrechtsgesetz eröffnet, in dem geprüft wird, ob fahrlässiges Handeln vorliegt.



Blick auf das
Kernkraftwerk
Mühleberg im Winter.
Foto: KKM

2. Kernkraftwerk Mühleberg

2.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2009 war im Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) durch einen weitgehend ungestörten Vollastbetrieb geprägt. Neben dem geplanten Revisionsstillstand mit Brennelementwechsel war eine ungeplante Reaktorschnellabschaltung zu verzeichnen. Das ENSI stellt fest, dass das KKM die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten hat. Das ENSI bescheinigt dem KKM eine gute Betriebssicherheit.

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) der BKW FMB Energie AG, welches seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1972 aufnahm, ist eine Siedewasserreaktor-Anlage mit 373 MW elektrischer Nettoleistung. Die auf den 1. Januar 2009 erfolgte Erhöhung um 18 MW gegenüber der Angabe im Vorjahr berücksichtigt Verbesserungen des Anlagewirkungsgrades, die thermische Reaktorleistung ist gleich geblieben. Weitere Daten der Anlage sind in den Tabellen 1 und 2 des Anhangs zu finden; Figur 7b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage.

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

Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 90 Inspektionen in allen Fachgebieten durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Während des Revisionsstillstandes wurden neben dem Brennelementwechsel und den üblichen Revisionsarbeiten umfangreiche Wiederholungsprüfungen durchgeführt. Dabei wurden keine Befunde festgestellt, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen. Das KKM setzte zahlreiche Verbesserungen und Modernisierungen im Hinblick auf den Langzeitbetrieb um. Beispiele sind der Ersatz des Prozessrechner- und Datenerfassungssystems, einer rotierenden Umformergruppe, ein neues drehzahlgeregeltes Antriebsystem für die Reserve-Speisewasserpumpe sowie bauliche Erweiterungen.

Im Berichtsjahr sind keine Brennelementschäden aufgetreten.



Blick in den
geöffneten Reaktor.

Foto: KKM

Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurde eingehalten. Die radioaktiven Abgaben lagen deutlich unterhalb der Grenzwerte und führten nur zu einer unbedeutenden zusätzlichen Strahlendosis für die Bevölkerung.

Der Anfall neuer radioaktiver Rohabfälle ist auf einem niedrigen Niveau.

Das KKM hat im Berichtsjahr keine Änderungen an seiner Organisation vorgenommen.

Im Berichtsjahr legten sechs Reaktoroperateure und vier Schichtchefs ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab.

2.2 Betriebsgeschehen

Das Kernkraftwerk Mühleberg erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 90,6 % und eine Zeitverfügbarkeit von 91,6 %. Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt.

Für die Nichtverfügbarkeit der Anlage waren zum grössten Teil der umfangreiche Revisionsstillstand mit Brennstoffwechsel sowie das anschliessende Wiederanfahren bestimmend. Wegen der Reaktorschnellabschaltung im September 2009 war die Anlage für wenige Stunden nicht verfügbar.

Neben geplanten Leistungsabsenkungen zur Durchführung von Wiederholungsprüfungen und Instandhaltungsarbeiten war infolge des Ausfalls einer Hauptkühlwasserpumpe eine ungeplante Leistungsreduktion zu verzeichnen. Weitere Leistungsreduktionen waren von der Netzleitstelle vorgegeben oder zur Einhaltung der kantonalen Gebrauchswasserkonzession erforderlich.

Die ausgekoppelte thermische Energie für die Heizung der Wohnsiedlung «Steinriesel» belief sich auf 1,7 GWh.

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

- Am 1. Juli 2009 kam es zum Ausfall einer Hauptkühlwasserpumpe mit verzögertem Start der Reservepumpe. Die Hauptkühlwasserpumpen fördern das zur Wärmeabfuhr benötigte Wasser in die Kondensatoren. Der verzögerte Start der Reservepumpe hatte eine verminderte Wärmeabfuhr und damit verbunden einen Druckanstieg im betroffenen Kondensator zur Folge. Die zugehörige Turbine wurde automatisch abgeschaltet und die Reaktorleistung automatisch reduziert. Der Turbinenschnellschluss und die Reduktion der Reaktorleistung verliefen auslegungsgemäss. Nach einer ersten Analyse der Störung wurde festgestellt, dass die Voraussetzungen für einen sicheren Anlagenbetrieb erfüllt sind und die Anlage wieder auf Volllast gefahren. Bis zum 3. Juli 2009 blieb die Reservepumpe in Betrieb. Während dieser Zeit wurden weitere Abklärungen vorgenommen. Der Frequenzumformer hatte den Antrieb der Hauptkühlwasserpumpe erst bei zu tiefer Drehzahl ausgeschaltet. Entsprechend erfolgte der automatische Start der Reservepumpe zu spät. Um den Pumpenantrieb im Fall einer Wiederholung einer derartigen Störung schneller abzuschalten, wurden in Absprache mit dem Lieferanten Änderungen bei der automatischen Rückstellung des Frequenzumrichters nach Netzstörungen vorgenommen. Am 3. Juli 2009 erfolgte die Rückschaltung von der Reservepumpe auf die normale Hauptkühlwasserpumpe.

- Am 2. September 2009, bei den Wiederholungsprüfungen der Rundnähte des Reaktordruckbehälters in der Jahresrevision, wurde eine Messanzeige gemeldet, die eine bruchmechanische Bewertung erforderlich machte. Die vom ENSI geprüfte Analyse ergab, dass diese Messanzeige zulässig, das heisst sicherheitstechnisch unbedenklich ist (vgl. Kap. 2.3.1).

- Während der Jahresrevision wurde das Antriebssystem einer Speisewasserpumpe modernisiert. Die Speisewasserpumpen fördern Wasser aus dem Kondensator zurück in den Reaktor und schliessen so den Wasser-Dampf-Kreislauf. Nach dem Wiederanfahren der Anlage führte das KKM in Zusammenarbeit mit dem Lieferanten umfangreiche Tests durch. Bei einem Testschritt

am 14. September 2009 wurde der Ausfall einer Speisewasserpumpe simuliert, der durch den Start einer Reservepumpe hätte kompensiert werden sollen. Aufgrund eines Mangels im Testprogramm startete die Reservepumpe bei diesem Schritt nicht. Das Testprogramm berücksichtigte nicht, dass die Antriebssteuerung nach einer Speisewasserpumpen-Umschaltung je nach Betriebs-situation erst nach einer gewissen Zeit wieder bereit ist für eine weitere Umschaltung. Dadurch sank das Wasserniveau im Reaktor ab, so dass auslegungsgemäss eine Reaktorschnellabschal-tung erfolgte. Das Antriebssystem der betroffenen Speisewasserpumpe wurde in der Folge so geändert, dass die Antriebssteuerung nach einer Speisewasserpumpen-Umschaltung schneller wieder für eine weitere Umschaltung bereit ist.

- Am 1. Dezember 2009, während der monatlichen Wiederholungsprüfung am zweiten Alternativen Niederdruckeinspeisesystem (ALPS) des speziellen unabhängigen Systems zur Abführung der Nachzerfallswärme (SUSAN) schaltete dessen Pumpe nach wenigen Sekunden ab. Der Motoreinschub wurde ausgefahren und überprüft und das System nach einigen Minuten erneut gestartet. Die Wiederholungsprüfung wurde gemäss Checkliste ordnungsgemäss durchgeführt und erfolgreich abgeschlossen. Als mögliche Ursache wurde ein Fehler im Selbsthaltekreis eines Koppelrelais gesehen und der Motoreinschub ausgetauscht. Der zweite Strang des ALPS stand uneingeschränkt zur Verfügung. Eine Zusammenstellung von Vorkommnissen der vergangenen zehn Jahre ist im Anhang in Figur 2 dargestellt. Eine Übersicht über die meldepflichtigen Vorkommnisse im Berichtsjahr findet sich in Tabelle 4.

2.3 Anlagetechnik

2.3.1 Revisionsarbeiten

Die Revisionsarbeiten begannen am 9. August 2009 und dauerten bis zum 8. September 2009. Während dieser Zeit wurden geplante Tätigkeiten wie Brennelementwechsel und Brennelementinspektionen, Inspektionen elektrischer und mechanischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. Schwerpunkte bei den Wiederholungsprüfungen an mechanischen Komponenten waren Ultra-

schallprüfungen am Kernmantel im Reaktordruckbehälter (RDB), visuelle Inspektionen der Kerneinbauten im RDB, Ultraschallprüfungen an den Rundnähten des RDB und an Stützeinschweis-nähten sowie Ultraschallprüfungen und Wanddickenmessungen an Rohrleitungen des Primärkreislaufs. Folgende Prüfungen sind hervorzuheben:

- Am nicht druckführenden Kernmantel innerhalb des Reaktordruckbehälters (RDB) werden die beiden rissbehafteten Rundschweissnähte alle zwei Jahre mechanisiert mit Ultraschall geprüft. Die diesjährigen Messungen zeigten keine neuen Rissanzeigen. Die Ergebnisse haben den Trend der letzten Messungen in den Jahren 2005 und 2007 bestätigt, dass sich das Wachstum der bestehenden Risse weiter verlangsamt. Sie bestätigen damit auch, dass die bisherigen Annahmen für die Integritätsnachweise konservativ sind und der derzeitige Zustand des Kernmantels keinen Einfluss auf den sicheren Betrieb der Anlage hat.
- Die Inspektion der Kerneinbauten im RDB einschliesslich Teilen des Kernmantels mittels einer Kamera zeigte eine geringfügige Rissanzeige an einer Nivellierschraube des Dampftrock-

Neue Brennelemente.
Foto: KKM





ners und die bereits bekannten Auffälligkeiten an den Austrittsöffnungen der Speisewasser-Verteilringe, die auf thermische Wechselbeanspruchung zurückgeführt werden. Die Befunde wurden bewertet und sind aufgrund ihrer geringen Grösse sicherheitstechnisch unbedenklich. Bei den übrigen visuellen Prüfungen an den Kerneinheiten, darunter auch zwei vertikale Kernmantel-Schweissnähte und Teile der Kernsprühleitungen, wurden keine Auffälligkeiten festgestellt. Ein Teil der Jetpumpen wurde vom KKM präventiv auf Anzeichen für Vibrationseinflüsse untersucht. Es wurden keine Auffälligkeiten gefunden. Eine Jetpumpe wurde vorsorglich neu justiert, wobei ein Niederhaltebolzen ersetzt werden musste.

- Die sechs Rundnähte des RDB, erstmals auch die bisher nicht prüfbar unterste Rundnaht, wurden mit einem neuen qualifizierten Manipulatorsystem geprüft. Insgesamt wurde nur in der obersten RDB-Rundnaht eine Messanzeige festgestellt, die eine bruchmechanische Bewertung erforderlich machte. Das KKM hat diese Anzeige gemäss Richtlinie B03 gemeldet (vgl. Kap. 2.2). Die vom ENSI geprüfte Analyse ergab, dass die Messanzeige sicherheitstechnisch unbedenklich ist. Orientierung, Lage und Grösse weisen auf einen parallel zur Oberfläche verlaufenden Bindefehler zwischen Plattierung und Grundmaterial des RDB hin.

- Zwei Stützeinschweissnähte am RDB wurden mit einem qualifizierten Prüfsystem geprüft. Das gleiche Prüfsystem war bereits im letzten Jahr im Einsatz. Das Prüfverfahren wurde zwischenzeitlich neu qualifiziert und ermöglicht, dass ein grösseres Volumen geprüft werden kann. Die Auswertung dieser Prüfungen ergab keine unzulässigen Befunde.
- Am Umwälz- und am Kernsprühsystem wurden mehrere Mischverbindungen und austenitische Rohrleitungsschweissnähte einer mechanisierten Ultraschallprüfung unterzogen. Es wurden ebenfalls keine unzulässigen Befunde festgestellt.
- Bei den Wanddickenmessungen an den Rohrleitungen des Primärkreislaufs wurden keine Unterschreitungen der rechnerischen Mindestwanddicken festgestellt.

Schwerpunkte des diesjährigen Wiederholungs-Prüfprogramms an elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen waren die komponenten- und verfahrenstechnischen Prüfungen der Leittechnik einer SUSAN-Division sowie zweier Reaktorschutz-Redundanzen. Bei den Eigenbedarfsanlagen wurden die festgelegten Umschaltmöglichkeiten überprüft. Weiter wurde die erforderliche Kapazität sämtlicher Batterien von zwei der vier Stränge durch Entladung und Wiederaufladung nachgewiesen. Überprüft wurden auch sämtliche Gleich- und Wechselrichter der 24-V- und 125-V-Anlagen, der beiden sicheren Schienen sowie der Redundanzen des SUSAN. Bei den durchgeführten Prüfungen wurden keine unzulässigen Befunde oder Abweichungen festgestellt.

Das ENSI erteilte am 8. September 2009 die Freigabe des Leistungsbetriebs des Reaktorkerns für den 37. Betriebszyklus. Das Wiederanfahren dauerte bis 16. September 2009. Abgesehen von der Umschaltung auf die Reserve-Speisewasserpumpe (vgl. Kap. 2.2) verliefen die im Rahmen des Wiederanfahrens durchgeführten Tests einwandfrei. Alle Arbeiten wurden mit hoher Qualität und unter Beachtung der Strahlenschutzvorgaben geplant und durchgeführt. Die Prüfungen wurden vom ENSI beaufsichtigt. Der vom ENSI beauftragte Schweizerische Verein für Technische Inspektionen (SVTI) kontrollierte die Instandhaltungsarbeiten an druckführenden Komponenten. Es wurden keine Befunde festgestellt, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen würden. Die durchgeführten Prüfungen haben insgesamt den guten Zustand der mechanischen sowie der elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen bestätigt.

2.3.2 Anlageänderungen

Im Berichtsjahr wurden namentlich folgende Anlageänderungen durchgeführt:

- Der Austausch von Fahrventilen im Steuerstab-Antriebssystem durch neue Fabrikate wurde in der Jahresrevision 2009 abgeschlossen. Mit dem Austausch war im Jahr 2006 begonnen worden.
- Am Reaktorwasser-Reinigungssystem (Clean Up) wurden in der Jahresrevision 2009 die Absperrarmaturen und Teile der Rohrleitungen ausgetauscht. An den verbliebenen Leitungsabschnitten wurden Wanddickenmessungen durchgeführt. Diese Messungen zeigten einen guten Zustand hinsichtlich Oberflächenbeschaffenheit und keine Beanstandungen betreffend Wanddicke.
- Bei einer Antriebsturbine des Systems für die Kernisotationskühlung (RCIC) waren im Bereich des Dampfregel-/Schnellverschlussventils Abnutzungsspuren erkennbar. Eine Ersatzspindel wurde in der Jahresrevision qualitätsgesichert gefertigt und erfolgreich eingebaut.
- Im Bereich Bautechnik erwähnenswert sind die Erneuerung und der Ausbau der Sicherungseinrichtungen und in Bezug auf die Infrastruktur. Mit dem Neubau Betriebsgebäude Nord wird ein zusätzliches Infrastruktur- und Garderobegebäude erstellt. Im Berichtsjahr konnte die Rohbauphase abgeschlossen werden. Im bestehenden Betriebsgebäude wird der Zugang in die kontrollierte Zone vollständig erneuert.
- Im Bereich Sicherung erwähnenswert sind die Neugestaltung der Sicherungszentrale sowie die Gesamterneuerung des Perimeters.
- Einer der beiden Generatoren wurde einer Totalrevision unterzogen. Der revidierte Reserverotor wurde eingebaut und die Statornuten neu verkeilt. Die neuen Statorkeile können künftig einzeln nachgespannt werden und erhöhen die Festigkeit der Statorwicklung. Alle drei Phasen des Stators bestanden den Hochspannungstest.
- Das bisherige Prozessrechner- und Datenerfassungssystem wurde ersetzt. Das neue System ermöglicht eine Aufteilung der Systemaufgaben auf separate Server. Insbesondere die Prozesse der Kernüberwachung laufen künftig auf separaten Servern.
- Die bisherige rotierende Umformergruppe der 115/220-V-Spannungsversorgung einer Reaktor-schutzredundanz wurde durch eine statische unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) ersetzt. Dabei wurde auch der entsprechende Raum seismisch und brandschutztechnisch ertüchtigt.



Ein bisher verwendetes Notstromaggregat.
Foto: KKM

- Die Reserve-Speisewasserpumpe wurde erneuert. Ein neues, drehzahlgeregeltes Antriebssystem mit Asynchronmotor wurde in Betrieb genommen. Dabei wurde seine Leistung an die der anderen Speisewasserpumpen angepasst, um bei einer Umschaltung auf die Reserve-Speisewasserpumpe mit gleicher Leistung weiterfahren zu können. Die Erneuerung der beiden anderen Speisewasserpumpen ist in der Revision 2011 geplant.
- Im Bereich elektrische und leittechnische Ausrüstungen wurden weitere Anlageänderungen durchgeführt. Das Prozessvisualisierungssystem im Haupt- und im SUSAN-Kommandoraum wurde ersetzt und erweitert. Weiter wurden die Instrumentierung und Alarmierung der Speisewasserpumpen im Hauptkommandoraum optimiert. Die neue Anzeige offener Stauklappen des Wasserkraftwerks Mühleberg im Hauptkommandoraum des KKM bezweckt den Schutz des Kühlwassereinlasses vor einem bevorstehenden schnellen Anstieg des Schwemmguts in der Aare.

2.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im August 2009 wurde der 36. Betriebszyklus des KKM planmässig abgeschlossen, wobei die eingesetzten Brennelemente ein bestimmungsgemässes Betriebsverhalten zeigten. Dies folgte aus der laufenden Überwachung der Kühlmittelaktivität so-

wie aus Inspektionen an insgesamt 12 ausgewählten Brennelementen. Die Inspektionen bestätigten erneut, dass die Edelmetalleinspeisung in das Kühlmittel (vgl. Kap. 2.4) keinen negativen Einfluss auf die Brennstab-Hüllrohre oder andere Strukturteile der Brennelemente hat. Im Rahmen eines Vorläuferprogramms wurden an vier Brennelementen weiterentwickelte Fremdkörperfilter eingesetzt. Visuelle Prüfungen bestätigten deren auslegungsgemässes Verhalten. Die Kühlmittelanalysen zeigten einen auslegungsgemässen Zustand der Steuerstäbe. Es mussten daher keine Steuerstäbe inspiziert oder ersetzt werden.

Für den 37. Betriebszyklus setzte das KKM insgesamt 36 frische Brennelemente vom Typ GNF2 ein. Das ENSI überzeugte sich davon, dass nur freigegebene und den Qualitätsanforderungen entsprechende Brennelemente geladen und alle Sicherheitsmassnahmen während des Brennelementwechsels gemäss den Vorgaben eingehalten wurden. Der vom ENSI geprüfte Beladeplan des Reaktorkerns erfüllte alle Sicherheitsanforderungen. Im Rahmen der üblichen Instandhaltungsarbeiten wurden drei Messlanzen der reaktorinternen Instrumentierung ausgetauscht.

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

2.4 Strahlenschutz

Im Jahr 2009 betrug die akkumulierte Kollektivdosis für das KKM 1130 Pers.-mSv. Die maximale Individualdosis lag mit 9,0 mSv unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr.

Im Berichtszeitraum traten weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf. Der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz war im ganzen Betriebsjahr angemessen und ermöglichte es, die administrativen und technischen Schutz- und Überwachungsaufgaben korrekt auszuüben und sicherzustellen. Die regelmässig wiederkehrenden und arbeitsbedingten Kontaminationskontrollen der Oberflächen und der Luft bestätigten einen sauberen radiologischen Zustand der kontrollierten Zone des KKM.

Das ENSI führte in der Berichtsperiode eine unangemeldete und mehrere angemeldete Inspektionen zum Thema Strahlenschutz durch. In den inspizierten Bereichen wurden keine Abweichungen von den Vorgaben festgestellt und das ENSI kam zum Schluss, dass im KKM ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird. Die Edelmetalleinspeisung wurde fortgesetzt. Bereits zum fünften Mal wurde eine wasserlösliche Platinverbindung in das Reaktorwasser eingespeist. Gemeinsam mit der kontinuierlichen Zugabe von Wasserstoff sollen dadurch die Einbauten im Reaktordruckbehälter vor Spannungsrisskorrosion geschützt werden.

Die Kollektivdosis aller Mitarbeiter im Revisionsstillstand 2009 lag bei 862 Pers.-mSv (elektronische Personendosimeter, EPD), der vom KKM vor Beginn der Arbeiten geschätzte Wert lag bei 940 Pers.-mSv.

Dank den schadenfreien Brennelementen war die Ausgangslage für die Revisionsarbeiten radiologisch gesehen auch dieses Jahr günstig. Für die sehr niedrigen Werte des radioaktiven Iod-131 zu Beginn der Revisionsarbeiten war die geplante Unterbrechung der Wasserstoffeinspeisung rund 48 Stunden vor dem Abfahren der Anlage massgebend.

Die Dosisleistungen an den Umwälzschleifen, an den Kerneinbauten und am Reaktorwasser-Reinigungssystem sind im Vergleich zum Vorjahr mehrheitlich zurückgegangen. Die mittlere Dosisleistung an den Umwälzschleifen betrug 2009 während der Revision 1,6 mSv/h und sank im Vergleich zum Mittelwert des Jahres 2008 um rund 14,5 % und im Vergleich zum Jahr 2007 um 24 %.

Die zusätzliche Garderobe mit Verbindungskorridor für den direkten Zutritt in die kontrollierte Zone im Maschinenhaus hat sich während der arbeitsintensiven Phasen des Revisionsstillstands wiederum bewährt. Diese zusätzliche temporäre Zutrittsmöglichkeit weist eine moderne Infrastruktur auf und erfüllt die Anforderungen des operativen Strahlenschutzes. Zudem führt sie zu einer deutlich verbesserten Situation im Vergleich zum bisherigen Zonenübergang.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb von den in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerten. Die gleiche Aussage gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser einschliesslich Tritium. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern er-

gaben Übereinstimmung mit den vom KKM gemeldeten Ergebnissen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKM unter konservativen, das heisst ungünstigen Annahmen. Die berechneten Dosen betragen 0,0041 mSv für Erwachsene, 0,0042 mSv für Zehnjährige und 0,0048 mSv für Kleinkinder und liegen somit deutlich unter dem quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,3 mSv/Jahr gemäss der Richtlinie R-11.

Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes in der Umgebung des Werkes (MADUK) zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), welche an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals die Dosis messen, zeigten mit einem Jahreshöchstwert von 1,4 mSv einschliesslich natürlicher Untergrundstrahlung keine wesentliche Veränderung gegenüber dem Vorjahr. Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen am Zaun des Kraftwerkareals wurden ebenfalls keine signifikanten Veränderungen festgestellt. Die in Artikel 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des KKM wird auf den Strahlenschutzbericht 2009 des ENSI verwiesen.

2.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKM regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas- und Fortluftreinigung und als verbrauchte Brennelementkästen an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 71 m³ höher als im Vorjahr, insbesondere wegen der Rücknahme der Sekundärabfälle aus der Verarbeitung von diversen metallischen Turbinenkomponenten in ei-

ner ausländischer Schmelzanlage. Der Anfall neuer radioaktiver Rohabfälle bewegt sich weiterhin auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKM vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Ihr Bestand ist mit 99 m³ gering. Brennbarere Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren kommt im KKM ausschliesslich die Zementierung zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen die gemäss

**Brennelement-
Wechsel im
Kernkraftwerk
Mühleberg.**
Foto: KKM



Kernenergieverordnung und Richtlinie B05 erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden die anfallenden Betriebsharze mit der Verfestigungsanlage des KKM in drei Kampagnen konditioniert.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in das werkseigene Zwischenlager eingelagert. Das KKM nutzt aber auch die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Die radioaktiven Abfälle sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist. Ein wichtiges Element bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKM wurden im Jahr 2009 insgesamt 254,1 t meldepflichtiges Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie B04 freigemessen. Dabei handelte es sich zu rund 60 % um Bauschutt.

In den Jahren 2007 und 2008 wurden diverse metallische Turbinenkomponenten für die Verarbeitung zu einer schwedischen Schmelzanlage transportiert und dort eingeschmolzen. Bei diesem Verfahren reichern sich die Radionuklide in der Schlacke an, die anschliessend als radioaktiver Abfall in die Schweiz zum KKM zurückgeführt und entsorgt wird. Das verbleibende Metall wird freigemessen. Insgesamt konnten von den 303 t Schrott 266 t bzw. rund 88 % in Schweden direkt freigemessen werden. Weitere 19 t bzw. 6 % können nach einer Abklinglagerung in Schweden zu einem späteren Zeitpunkt freigegeben werden. Etwa 19 t Schlacken und Bearbeitungsabfälle wurden Ende 2009 als radioaktiver Abfall ins KKM zurücktransportiert, dies entspricht einem Anteil unter 6 % der Gesamtmasse. Das ENSI hatte vorgängig überprüft, dass die für die Freimessung angewendeten Kriterien mindestens gleich streng sind wie diejenigen der Richtlinie B04.

2.6 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI hat am 16. Oktober 2009 anlässlich der

Gesamtnotfallübung MEDEA die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Die Übung MEDEA unter der Leitung des Bundesamts für Bevölkerungsschutz galt auch als Alarmübung für die übten Stellen: KKM, ENSI, NAZ, Standortkanton Bern und Kanton Freiburg. Die Übung begann um 03:00 Uhr und diente der Schulung und Überprüfung der Notfallmassnahmen vor, während und nach der Abgabe von radioaktiven Stoffen aus der Anlage an die Umwelt. Für die 16-stündige Übung wurde folgendes Szenario unterstellt: Ein Störfall mit Abgabe von radioaktiven Stoffen aus dem KKM führte in den Zonen 1 und 2 der Kantone Bern und Freiburg zu radiologischen Auswirkungen für Mensch und Umwelt. Zu Beginn kam es zu einem Kühlmittelverluststörfall zusammen mit einem Ausfall der 6-kV-Stromversorgung. Durch die Beschädigung der Kabelabgänge am 380-V-Schalter einer Kernsprühpumpe wurde zusätzlich ein Brandalarm ausgelöst, der den Einsatz der Werksfeuerwehr erforderte. Weitere Beschädigungen und Ausfälle führten zum Absinken des Wassers im Reaktor unter die Kernoberkante. Der Reaktorkern wurde nicht mehr auf der ganzen Höhe gekühlt und Brennstab-Hüllrohre wurden beschädigt. Die alternative Kernkühlung mit Wasser aus dem Hochreservoir verhinderte ein Kernschmelzen, indem das Niveau auf etwa zwei Drittel der Kernhöhe gehalten werden konnte. Aus den beschädigten Brennstäben wurden durch den Kühlmittelverlust radioaktive Stoffe in den Sicherheitsbehälter freigesetzt. Nach acht Stunden versagte unerwartet die Berstscheibe der gefilterten Druckentlastung des Sicherheitsbehälters bei einem Druck weit unterhalb ihres Auslegungsdrucks. Dies führte zu einer Aktivitätsabgabe via Kamin in die Umgebung. Warnung und Alarmierung erfolgten gemäss den Vorgaben zur raschen Alarmierung der Bevölkerung (RABE) trotz des nicht vorhersehbaren Ablaufs rechtzeitig und korrekt.

Aufgrund der Übungsbeobachtungen identifizierte das KKM punktuelle Verbesserungsmöglichkeiten, beispielsweise bei der praktischen Umsetzung der systematischen Lageerfassung und Entscheidungsfindung beim Stabpersonal. Das ENSI kam zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie B11 erreicht wurden. Das KKM verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im Dezember 2009 hat gezeigt, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit sind.

2.7 Personal und Organisation

2.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKM keine Änderungen an der Organisation vorgenommen. Ende 2009 umfasste der Personalbestand 340 Personen (2008: 332).

Das KKM hat das Audit zur Aufrechterhaltung der Zertifikate des Managementsystems wiederum erfolgreich bestanden. Das KKM ist nach ISO 9001 (Qualitätsmanagement), ISO 14001 (Umweltmanagement) sowie OHSAS 18001 (Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz) zertifiziert.

2.7.2 Personal und Ausbildung

Sechs Reaktoroperateure und vier Schichtchefs des KKM legten ihre Zulassungsprüfung unter Aufsicht des ENSI mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage bei Betriebs- und Störfällen und zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI hat das Jahresprogramm der Wiederholungsschulung für das zulassungspflichtige Personal inspiziert. Ein Inspektionsschwerpunkt war die Wiederholungsschulung am Anlagesimulator, da sie einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Kompetenz des Schichtteams zur Beherrschung von sicherheitsrelevanten Störfällen und Betriebs-situationen liefert. Umfang und Methoden entsprachen den Vorgaben des Regelwerks. Zudem inspizierte das ENSI das Verfahren der Ausbildung zum Schichtchef und die Ausbildung des Instandhaltungspersonals der Abteilungen Maschinenteknik und Elektrotechnik und stellte dabei keine Abweichungen von den Vorgaben fest.

2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung 2005

Zur Erfüllung der Forderungen aus der «Sicherheitstechnischen Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung des Kernkraftwerks Mühleberg» reichte das KKM zahlreiche Unterlagen ein, insbesondere im Bereich der PSA. Im Kapitel 11.1 sind die Arbeiten beschrieben, welche im Bereich der PSA durchgeführt wurden.

2.9 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2009 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System über 190 Inspektionsgegenstände, 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:

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

Sicherheitsbewertung 2009 KKM:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Im Folgenden werden jene Zellenbewertungen begründet, die in die Kategorien A (Abweichung) und höher gehören. Die aufgeführten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 2.1 bis 2.7 ausführlicher behandelt. Die Mehrzahl der Sachverhalte ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung. Deshalb erscheinen dieselben Sachverhalte im Folgenden mehrfach.

Ebene 1, Betriebsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Eine Schwachstelle im Testprogramm für das erneuerte Antriebssystem einer Speisewasserpumpe führte zu einer Reaktorschnellabschaltung.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Eine Störung des Antriebs einer Hauptkühlwasserpumpe führte zu einem Turbinenschnellschluss.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Eine Pumpe des alternativen Niederdruckkernsprühsystems ALPS fiel bei einer Wiederholungsprüfung aus.

Integrität des Primärkreises, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Zwischen Plattierung und Grundmaterial einer Rundnaht des Reaktordruckbehälters wurde eine bewertungspflichtige Messanzeige identifiziert.

Ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die unter Ebene 1 genannte Reaktorschnellabschaltung führte zu einer leichten Risikoerhöhung.

Das ENSI bewertete alle Sicherheitsindikatoren als im Normalbereich liegend und ordnete ihnen auf der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala die Kategorie N zu.

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

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

**Sicherheitsbewertung 2009 KKM:
Schutzziel-Perspektive**

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

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

Für das Kernkraftwerk Mühleberg wird die Gesamtbeurteilung der **Anlage** im Jahr 2009 durch drei Abweichungen geprägt, von denen die eine zu einem Turbinenschnellschluss und eine zum Ausfall einer Redundanz eines Notkühlsystems geführt hat.

Die Gesamtbeurteilung von **Mensch und Organisation** wird durch eine einzige Abweichung geprägt, nämlich die Schwachstelle im Testprogramm für das erneuerte Antriebssystem einer Speisewasserpumpe, die zu einer Reaktorschnellabschaltung führte.

Das Risiko des KKM ist sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwerts. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und über das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich im Vergleich zur natürlich auftretenden Strahlenexposition nur eine unbedeutende zusätzliche Strahlendosis für die Bevölkerung, welche nach Strahlenschutzgesetzgebung in jedem Fall als optimiert und gerechtfertigt gilt.

Aus Sicht des Strahlenschutzes wurden die Routinearbeiten und die Arbeiten im Rahmen des Revisionsstillstandes gut durchgeführt. Unter Berücksichtigung des Arbeitsumfangs ist die Strahlenexposition des Personals vergleichbar mit den Vorjahren. Das ENSI bestätigt, dass diese Exposition im Sinne der Strahlenschutzverordnung gerechtfertigt, optimiert und innerhalb der vorgegebenen Grenzen ist.

Das ENSI stellt fest, dass im KKM während des Jahres 2009 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Das ENSI beurteilt die Betriebssicherheit des KKM als gut.



Blick auf das Kernkraftwerk
Gösgen in der Dämmerung.
Foto: KKG

3. Kernkraftwerk Gösgen

3.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2009 zeichnete sich für das Kernkraftwerk Gösgen (KKG) durch einen ungestörten Volllastbetrieb aus. Das ENSI stellt fest, dass das KKG die bewilligten Betriebsbedingungen zu jedem Zeitpunkt eingehalten hat. Das ENSI bescheinigt dem KKG eine ausreichende Betriebssicherheit.

Das KKG ist eine Drei-Loop-Druckwasserreaktor-Anlage mit 970 MW elektrischer Nettoleistung. Es nahm den Betrieb im Jahre 1979 auf. Weitere technische Daten sind im Anhang in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt; Figur 7a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage.

Das KKG meldete 2009 insgesamt drei Vorkommnisse.

Eines davon betraf einen kurz nach dem Wiederanfahren aufgetretenen Hüllrohrschaden mit geringfügiger Brennstoffauswaschung. Die in der Technischen Spezifikation festgelegte Grenze der maximal zulässigen Iod-131-Aktivität im Kühlmittel wurde dabei nicht überschritten. Das Vor-

kommnis wurde der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt.

Ein weiteres Vorkommnis betraf eine Kühlwasserdieselpumpe, bei der nach einem 24-h-Probelauf während einer Endoskopieprüfung Verschleisspuren an einer Zylinderlaufbüchse festgestellt wurden. Diese Schädigungen hätten im Anforderungsfall wahrscheinlich nicht zu einem Ausfall der Pumpe geführt. Das Vorkommnis wurde der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt. Das dritte Vorkommnis betrifft einen Auslegungsfehler in der 48-V-Gleichstromanlage der Notstands-Notstromversorgung. Bei Prüfungen des Reaktorschutzes nach dem Revisionsstillstand 2008 kam es zu einem Ausfall von vier Speisegleichrichtern der 48-V-Gleichstromanlage. Die nachfolgend unter Einbezug des externen Lieferanten durchgeführten Analysen zeigten einen Auslegungsmangel als Ursache. Das KKG hat diesen Auslegungsmangel dem ENSI erst nach diesen Abklärungen im März 2009 als meldepflichtiges Vorkommnis gemeldet. Nach umfassender Prüfung der Sachverhaltslage durch das ENSI wurde

das Vorkommnis der Stufe 1 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt.

Das ENSI führte im Rahmen seiner Aufsicht 64 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungen und kontrollierte deren Umsetzung.

Der Revisionsstillstand war geprägt durch umfangreiche Arbeiten sowohl im nuklearen als auch im nicht-nuklearen Anlagenbereich. Während jeder vierten Jahresrevision ist eine integrale Leckratenprüfung des Sicherheitsbehälters – auch als Containment bezeichnet – durchzuführen. Diese Prüfung wurde im Rahmen einer umfangreichen Inspektion durch das ENSI begleitet und durch die Sachverständigen des Schweizerischen Vereins für Technische Inspektionen beurteilt. Im nicht-nuklearen Anlagenteil sind der bereits 2008 begonnene Austausch eines Grossteils der Kühlturmeinheiten und der Ersatz des dritten Niederdruckvorwärmers zu erwähnen.

Die Strahlendosen während der gesamten Revisionsdauer und im Verlauf des ganzen Betriebsjahres zeichneten sich wiederum durch eine sehr tiefe Gesamtkollektivdosis aus. Die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung für strahlenexponierte Personen wurden jederzeit eingehalten. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen unter den behördlich festgelegten Grenzwerten. Die dadurch verursachten zusätzlichen Strahlendosen für die Bevölkerung sind verglichen mit der natürlichen Strahlenexposition unbedeutend.

Der Anfall radioaktiver Rohabfälle bewegte sich im mehrjährigen Mittel und lag auf einem niedrigen Niveau.

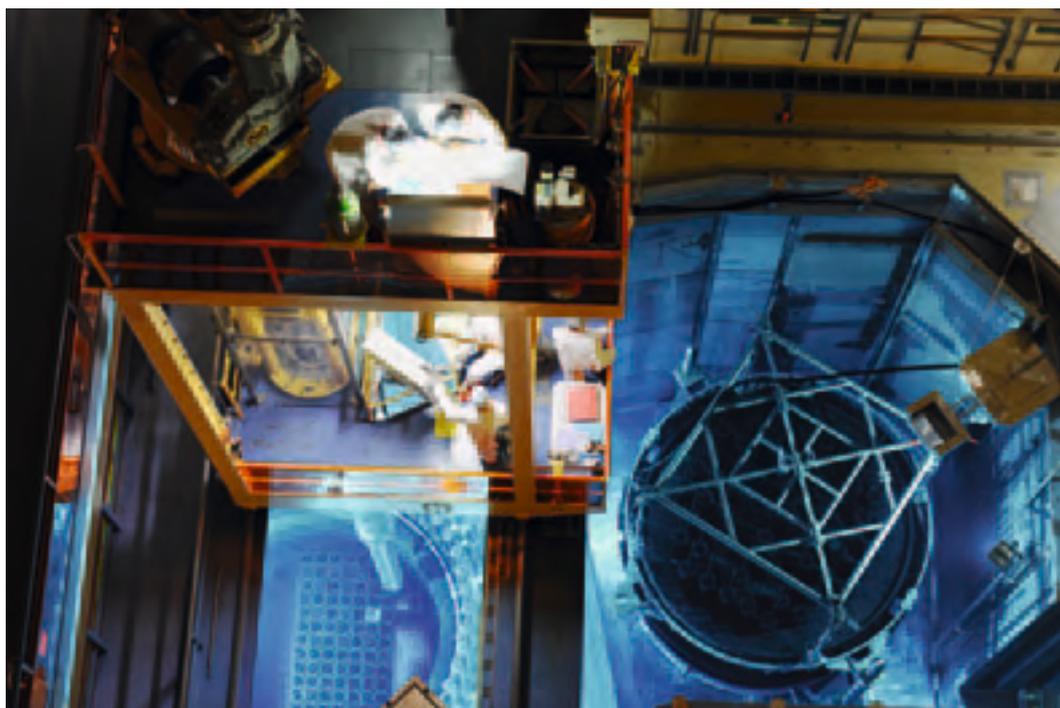
Das im April 2008 in Betrieb genommene externe Nasslager wurde während des Berichtsjahres weiter mit abgebrannten Brennelementen befüllt. Ende 2009 befanden sich insgesamt 60 abgebrannte Brennelemente mit einer Gesamtwärmeleistung von rund 106 kW im externen Nasslager. Zwei Reaktoroperateure, drei Schichtchefs und ein Picketingenieur bestanden die Zulassungsprüfung. Zwei Reaktoroperateur-Anwärter absolvierten die theoretische Grundausbildung an der Reaktorschule des Paul Scherrer Instituts erfolgreich.

3.2 Betriebsgeschehen

Die Arbeitsausnutzung des KKG betrug im Betriebsjahr 95,3% bei einer Zeitverfügbarkeit von 94,4%. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war hauptsächlich durch den Revisionsstillstand bedingt. Im Berichtsjahr lieferte die Anlage 172,5 GWh Prozesswärme für die Versorgung der nahe gelegenen Kartonfabrik. Weitere Betriebsdaten sind in der Tabelle 2 des Anhangs zusammengestellt. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der letzten 10 Jahre ist in Figur 1 zusammengefasst.

Im Berichtsjahr 2009 wurden drei Vorkommnisse gemeldet. Auf der internationalen Ereignisskala INES wurden zwei Vorkommnisse der Stufe 0

Brennelement-Wechsel im
Kernkraftwerk Gösgen.
Foto: KKG



zugeordnet. Ein Vorkommnis wurde nach eingehender Überprüfung der Sachverhaltslage vom ENSI der Stufe 1 zugeordnet.

■ Am 1. Juli 2009, kurz nach dem Wiederanfahren der Anlage zum 31. Betriebszyklus, wurde bei der routinemässigen Überwachung der Aktivitäten im Primärkühlkreislauf eine erhöhte Iod- und Edelgasaktivität festgestellt. Diese Aktivität ist im Primärkreislauf der Anlage sicher eingeschlossen. Weitere Analysen der Aktivitäten im Primärkühlkreislauf Ende November 2009 lassen darauf schliessen, dass bis zu diesem Zeitpunkt Brennstoff im Grammbereich in den Primärkühlkreislauf ausgewaschen worden ist. Der für den bestimmungsgemässen Betrieb der Anlage massgebliche Grenzwert für die Iod-131-Aktivitätskonzentration gemäss Technischer Spezifikation wurde im Berichtsjahr zu keinem Zeitpunkt erreicht. Der höchste Wert betrug etwa 25% des ersten Grenzwerts der Technischen Spezifikation, bei dessen Überschreitung die Anlage innerhalb von zwei Wochen abgefahren werden muss. Art und Umfang des Schadens können erst während des nächsten Brennelementwechsels ermittelt werden. Das Vorkommnis wurde vom ENSI auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zugeordnet.

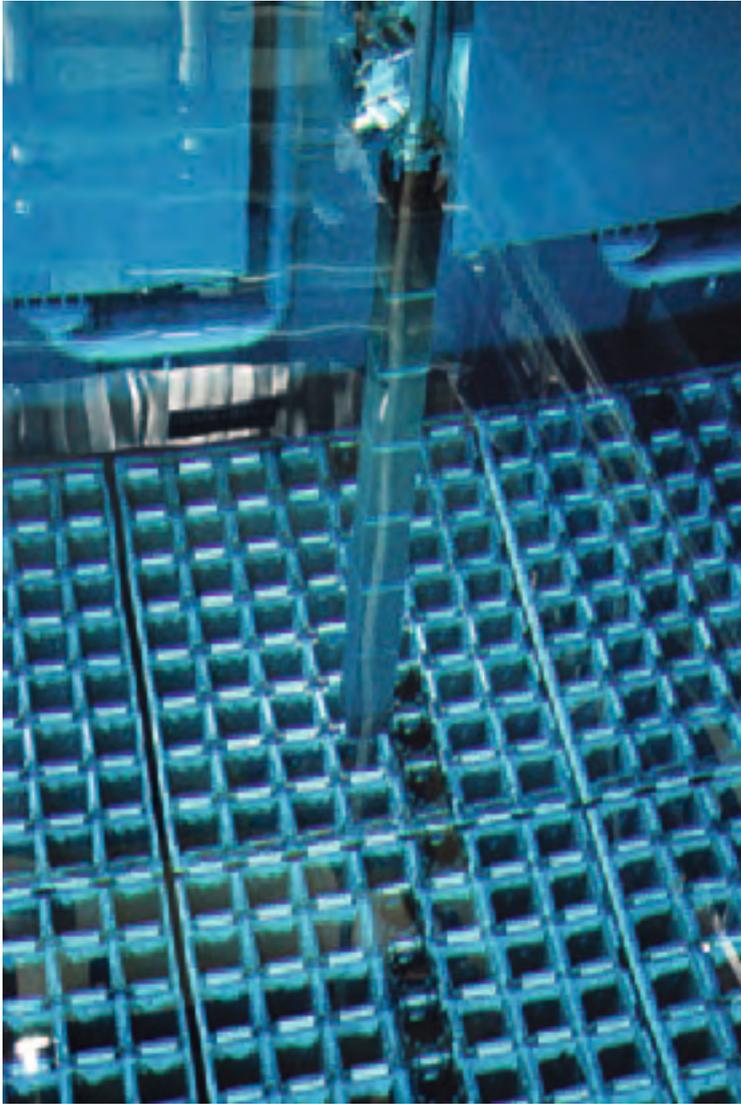
■ Das KKG meldete im März 2009 ein Vorkommnis aus dem Jahr 2008. Beim Wiederanfahren nach dem Revisionsstillstand 2008 waren vier sicherheitsrelevante Gleichrichter ausgefallen, da in den beiden – je zwei Gleichrichtern zugeordneten – Überwachungsbaugruppen Sicherungen durchbrannten. Das KKG setzte nach der Behebung der Störung das Anfahren fort, obwohl die Ursache des doppelten Ausfalls der Überwachungsbaugruppen – und damit der vier Gleichrichter – nicht bekannt war. Damit hat es einen zentralen Grundsatz der Sicherheitsvorsorge verletzt. Nach eingehender Analyse ordnete das ENSI das Vorkommnis der Stufe 1 der Internationalen Ereignisskala INES zu. Das ENSI begründet die Einstufung mit dem nicht sicherheitsgerichteten Umgang mit einem Mehrfachversagen durch denselben Fehlermechanismus (Common-Mode-Versagen).

Bei den Vorbereitungen zum Wiederanfahren nach dem Revisionsstillstand wurde am 24. Juni 2008 das Reaktorschutzsystem betriebsbereit geschaltet und geprüft. Parallel dazu wurden Funktionsprüfungen der magnetischen Vorsteuerventile eines Sicherheitsventils des Primärkreislaufs durchgeführt. Dabei fielen innerhalb von vier Mi-

nuten die vier redundanten Gleichrichter zur Einspeisung der 48-V-Gleichstromschienen des Notstandssystems aus. Die Überwachungsbaugruppen, welche die Gleichrichter abgeschaltet hatten, wurden innerhalb von weniger als zwei Stunden durch Reserveteile ersetzt. Die durch die Gleichrichter versorgten Schienen waren dank Batteriepufferung stets mit Spannung versorgt. Obwohl die Ursache des gleichzeitigen Ausfalls von vier redundanten Gleichrichtern zunächst nicht bekannt war, setzte das KKG das Anfahren der Anlage fort. Wie nachträgliche Tests zeigten, war das Durchbrennen der Sicherungen in den Überwachungsbaugruppen durch eine während der Prüfung der magnetischen Vorsteuerventile eines Primärsicherheitsventils entstandene Überspannung verursacht worden. Als Ursache für diese Überspannung vermutete das KKG eine fehlerhafte Schutzbeschaltung der Vorsteuerventile. Diese waren im Rahmen des Nachrüstprojekts PISA im Jahr 2005 eingebaut worden. Wie ein Untersuchungsbericht des beteiligten externen Lieferanten vom 13. Februar 2009 zeigte, war die Schutzbeschaltung falsch ausgelegt. Der Ausfall der vier Gleichrichter hätte zu einem Spannungsausfall auf den 48-V-Schienen des Notstandssystems führen können. Ein solcher hätte allerdings nur in Kombination mit zusätzlichen Ausfällen weitere Konsequenzen gehabt.

Die fehlerhafte Schutzbeschaltung wurde am 15. Mai 2009 korrigiert. Das ENSI hatte zuvor die für die Korrektur der Schutzbeschaltung erforderliche Freigabe erteilt. Das ENSI forderte vom KKG, das Vorgehen beim Ausfall redundanter Gleichrichter im Notstandssystem aus der Perspektive der Sicherheitskultur umfassend aufzuarbeiten und verlangte hierzu einen Bericht. Das KKG hat darin ein Verbesserungspotenzial erkannt beim Umgang mit Störungen, die innerhalb einer Schichtdauer aufgetreten sind und vor dem nächsten Schichtwechsel behoben werden konnten. In Zukunft sollen diese so dokumentiert werden, dass frühzeitig eine fachbereichsübergreifende Diskussion über deren Ursachen und Sicherheitsrelevanz geführt wird. Damit soll ermöglicht werden, mehreren Störungen zugrunde liegende übergreifende Ursachen zu erkennen und nicht die einzelnen Fehler isoliert zu betrachten.

■ Nach der Durchführung eines 24-h-Probelaufs wurden am 12. Mai 2009 bei endoskopischen Untersuchungen an einer Kühlwasserdieselpumpe der zweiten Wasserfassung Verschleisspuren auf der Lauffläche eines Kolbens festge-



Innenansicht
des Nasslagers,
wo abgebrannte
Brennelemente
zwischengelagert
werden.
Foto: KKG

stellt. Das Kraftwerk befand sich zu diesem Zeitpunkt im Volllastbetrieb. Die zweite Wasserfassung stellt insbesondere sicher, dass bei einem Ausfall der normalen Kühlwasserfassung die Anlage in einen sicheren Zustand gebracht werden kann. Die beschädigte Zylinderlaufbuchse wurde durch eine neue ersetzt. Der anschliessend erneut durchgeführte 24-h-Probelauf war erfolgreich und ergab keine Befunde. Die Schwächung der gestaffelten Sicherheitsvorsorge bei einem angenommenen Ausfall der Kühlwasserdieselpumpe wird vom ENSI als sehr gering eingestuft. Das Vorkommnis wurde vom ENSI auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zugeordnet. Die Analyse des Vorkommnisses hat zudem gezeigt, dass die Kühlwasserdieselpumpe im Anforderungsfall wahrscheinlich verfügbar gewesen wäre. Dank der redundanten Ausführung hätte, falls die betroffene Kühlwasserdieselpumpe trotzdem ausgefallen wäre, die zweite Pumpe die Aufgabe übernommen.

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

3.3 Anlagentechnik

3.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstands vom 6. bis zum 26. Juni 2009 wurden Routinetätigkeiten wie der Brennelementwechsel, zerstörungsfreie Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten an mechanischen, elektro- und leittechnischen Einrichtungen und Systemen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. Einige der im Revisionsstillstand durchgeführten Arbeiten sind nachfolgend aufgeführt:

- Mehrere Schweissnähte eines der drei Dampferzeuger wurden mit Ultraschall geprüft und eine Oberflächenrisssprüfung unterzogen. Die Ultraschallprüfung erfolgte mit einer qualifizierten Prüfmethode. Es ergaben sich keine Befunde.
- An den Mischnähten des Druckhalters wurden die vom ENSI verlangten volumetrischen Prüfungen mit einem qualifizierten Prüfverfahren durchgeführt. Diese mechanisierten Ultraschallprüfungen zeigten keine Veränderungen gegenüber den Prüfergebnissen von 2005. Die damals im Rahmen der Basisprüfungen festgestellten registrierpflichtigen Anzeigen wurden bestätigt. Es gibt weiterhin keine Anzeichen für Risse. Im Weiteren wurden Oberflächenrisssprüfungen durchgeführt, die keine Befunde ergaben.
- In der Revision 2008 wurde an allen Hauptkühlmittelpumpen ein neues Dichtungssystem eingebaut. Eines davon wurde 2009 zu Kontrollzwecken ausgebaut und ohne Befunde inspiziert. An einer Hauptkühlmittelpumpe erfolgte der periodische Austausch des Motors gegen einen Ersatzmotor. Der ausgetauschte Motor wurde als Ersatzmaschine im Containment bereitgestellt. Die hierfür notwendigen Nachweise zur Standsicherheit des Ersatzmotors im Erdbebenfall wurden vom ENSI geprüft.
- Die alle vier Jahre erforderliche integrale Leckratenprüfung am Sicherheitsbehälter wurde erfolgreich durchgeführt. Dabei betrug die ermittelte Leckrate 64% des zulässigen Wertes, bezogen auf den massgebenden Störfallüberdruck von 4,21 bar.

- Von den 123 geprüften mechanischen Stossbremsen mussten 16 ersetzt werden. Der Ersatz mechanischer Stossbremsen gehört zur normalen Instandhaltung. Bei den 132 visuell geprüften hydraulischen Stossbremsen zeigten sich keine Befunde. Sechs hydraulische Stossbremsen wurden plangemäss ausgetauscht. Die an den ausgebauten Stossbremsen durchgeführten dynamischen Prüfungen ergaben keine Befunde.
- Die vor wenigen Jahren im Kühlturm eingebauten Kühlelemente müssen aufgrund ihres schlechten Zustandes gegen neue, widerstandsfähigere Elemente ausgetauscht werden. Die Austauscharbeiten wurden bereits 2008 begonnen, im Berichtsjahr weitergeführt und werden voraussichtlich 2010 fortgesetzt.
- Der letzte der drei Niederdruckvorwärmer wurde ersetzt.
- Es wurden die im Stillstand üblichen, umfassenden Instandhaltungsarbeiten inklusive Funktionsprüfungen am Reaktorschutz und an den übrigen leittechnischen Einrichtungen sowie an elektrischen Eigenbedarfsanlagen und Ausrüstungen durchgeführt.
- Der Ersatz der 10- und 6-kV-Stromwandler, der Analoganzeigen und der Klemmen in den Niederspannungsfeldern, welcher 2008 begonnen hatte, wurde in den Strängen 1 und 4 weitergeführt.
- In der Vergangenheit funktionierte bei verschiedenen Prüfungen die Rückschaltung auf die ursprüngliche Schiene nicht, was die Spannungsversorgung zwar nicht tangierte, aber eine Abweichung vom Sollverhalten bedeutete. Deshalb wurde die Umschaltsteuerung nach Freigabe durch das ENSI erneuert. Mit der jetzt vorgenommenen Modifikation wird eine zukünftige Wiederholung der Fehlfunktion ausgeschlossen.

3.3.2 Anlageänderungen

Von den im Berichtsjahr durchgeführten Anlageänderungen ausserhalb des Revisionsstillstands sind folgende erwähnenswert:

- Die drei nuklearen Zwischenkühler inklusive der Anschlussleitungen wurden während der einzelnen Strangrevisionen ausgetauscht. Der Austausch war vom ENSI freigegeben worden und fand unter Überwachung durch das ENSI und den SVTI statt. In den nuklearen Zwischenkühlern wird die Wärme aus dem nuklearen Zwischenkühlkreislauf an das nukleare Neben Kühlwasser und damit an die Aare abgeführt.

Die durch das Kühlwasser aus der Aare eingebrachten Sand- und Schwebepartikel hatten in den Kühlern zu Rohrleckagen geführt. Die Integrität der zweiten Barriere war durch diese Leckagen nicht tangiert, da sämtliche Kühler, welche Wärme in den nuklearen Zwischenkühlkreislauf einbringen, dicht waren. Dementsprechend zeigte die Überwachung des nuklearen Zwischenkühlkreislaufs auch keine erhöhte Aktivität. Als Werkstoff für die Wärmetauscherrohre der neuen Zwischenkühler wurde ein verschleissfesteres Material gewählt.

- Zur Beseitigung umweltbedingter Alterungserscheinungen an der Aussenseite des Abluftkamins wurde eine umfangreiche Betonsanierung vorgenommen. Der Kamin wurde hierfür komplett eingerüstet. Nach einer vollständigen Oberflächenreinigung und der Reparatur von schadhafte Stellen erfolgten eine Erneuerung des rot-weissen Farbanstrichs und eine Oberflächenbehandlung.
- Im Hinblick auf einen langfristig zuverlässigen Anlagenbetrieb beabsichtigt das KKG die Leittechnik auszutauschen. Im Rahmen des Projekts «Leittechnik-Austausch (LETA)» sollen insbesondere die bisherigen analogen Leittechniksysteme durch moderne digitale Systeme ersetzt werden. Im Berichtsjahr wurden dem ENSI die ersten konzeptuellen Unterlagen zu LETA eingereicht

3.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im 30. Betriebszyklus wiesen erhöhte, aber zulässige Aktivitätskonzentrationen im Primärkühlmittel auf Brennstableckagen hin. Im Revisionsstillstand wurden bei der Dichtheitsprüfung aller Brennelemente drei defekte Brennelemente mit Brennstoff aus wiederaufgearbeitetem Uran (WAU) gefunden. Insgesamt waren vier Brennstäbe betroffen. Sie waren während zwei, resp. drei Brennstoffzyklen im Einsatz gewesen. Auf die Reparatur dieser Brennelemente während des Revisionsstillstands und einen Einsatz im 31. Betriebszyklus wurde verzichtet.

Während des Revisionsstillstands wurden 36 frische WAU-Brennelemente in den Reaktorkern geladen. Der Reaktorkern enthält somit im 31. Betriebszyklus insgesamt 4 Uran-, 125 WAU- und 48 Uran-/Plutonium-Mischoxid-Brennelemente (MOX-Brennelemente).

Bei der Inspektion von leckagefreien Standard-Brennelementen mit Uran-, MOX- und WAU-

Brennstoff und verschiedenen Standzeiten wurden gute und damit auslegungsgemässe Zustände festgestellt. Die untersuchten Hüllrohre aus so genanntem M5-Material und die Standard-Hüllrohre wiesen nur geringe, den Erfahrungen entsprechende Oxidschichtdicken auf. Die neun im Einsatz befindlichen Brennstäbe mit chromoxid-dotiertem Uran-Brennstoff wiesen nach zwei Betriebszyklen keine Besonderheiten auf.

Die Steuerstabfinger aller 48 Steuerelemente wurden während des Revisionsstillstands mittels Wirbelstromprüfung auf Wanddickenschwächungen und Beschädigungen hin untersucht. Bei zwei Steuerelementen der Erstausrüstung, das sind Steuerelemente, die über 20 Zyklen im Einsatz sind, sind Rissanzeigen festgestellt worden. Sie wurden deshalb vorsorglich gegen neue ausgetauscht. Alle anderen Steuerelemente befanden sich in einem auslegungsgemässen Zustand. Im 31. Betriebszyklus kommen 36 Steuerelemente aus Nachlieferungen zum Einsatz sowie 12 Erstausrüstungselemente.

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

Im Berichtszeitraum 2009 ist der Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnungen überein. Die Betriebsgrenzen wurden eingehalten.

Aufgrund der Erkenntnisse zu den Schadensursachen im 29. Zyklus (defekte Abstandhalterfeder) und den Schadensbefunden im 30. Zyklus wurde der Kern für den 31. Zyklus so beladen, dass nur wenige Brennelemente der von Brennstab-schäden betroffenen Fertigungslose zum Einsatz kamen. Durch eine geeignete Positionierung dieser Brennelemente im Reaktorkern liegt ihre Leistung im 31. Zyklus nicht höher ist als im vorherigen. Diese Massnahmen konnten aber nicht verhindern, dass es auch im 31. Betriebszyklus deutliche Anzeichen eines Brennstab-Hüllrohrdefekts (vgl. Kap. 3.2) gibt.

Bei der Untersuchung der defekten Brennstäbe aus dem 30. Zyklus im Herbst 2009 konnten aufgrund des Ausmasses der Sekundärschäden die Primärschäden nicht identifiziert werden. Der Schaden ist nicht auf Reibung zwischen Abstandhalterfe-

der und Hüllrohr mit Materialabtrag (Abstandhalter-Fretting) zurückzuführen. Die vom ENSI freigegebene Reparatur wurde im Herbst 2009 begonnen. Dabei werden die vier defekten Brennstäbe durch Ersatzstäbe ohne Brennstoff (Dummy-Stäbe) ersetzt.

3.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2009 war die Kollektivdosis im KKG 448 Pers.-mSv. Die höchste im KKG registrierte Individualdosis betrug 8,4 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde unterschritten.

Bei den Arbeiten während des Revisionsstillstands wurden 326 Pers.-mSv akkumuliert, geplant waren 377 Pers.-mSv. Es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die nicht mit einfachen Mitteln (Waschen, Abbürsten) entfernt werden konnten. Bei einer Person wurde eine geringfügige Ingestion festgestellt, was durch ein nicht zonenkonformes Verhalten dieser Person selbst verursacht wurde. Weitere Inkorporationen sind nicht aufgetreten.

Aufgrund der Brennstab-Hüllrohrdefekte stieg die Luftkontamination in den Anlageräumen nach dem Heben des Reaktordruckbehälter-Deckels während der Revisionsabstellung an. Das KKG reagierte mit geeigneten Massnahmen, so dass die Luftkontamination innert weniger Stunden unter den für das Jahresmittel gültigen Richtwert sank. Das ENSI hat sich bei mehreren Inspektionen davon überzeugt, dass im KKG ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird. Der Personalbestand im Strahlenschutz war jederzeit ausreichend.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch für die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser ohne Tritium. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKG betragen rund 21 % des Jahresgrenzwerts. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben eine gute Übereinstimmung mit den vom KKG gemeldeten Analyseergebnissen. Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelper-



Unterer Teil eines neuen Brennelements.
Foto: KKG

sonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKG unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen höchstens 0,001 mSv für Erwachsene, Zehnjährige und Kleinkinder und liegen damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss Richtlinie R-11.

Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werks ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Die Thermolumineszenz-Dosimeter, die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals die Dosis messen, zeigten keine signifikante Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKG wurden ebenfalls keine signifikanten Erhöhungen gegenüber der Untergrundstrahlung festgestellt. Die nach Artikel 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten.

Für detaillierte Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb der Anlage Gös-

gen wird auf den Strahlenschutzbericht 2009 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 vom Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 14 m³ niedriger als im Vorjahr. Die Abfallmenge entspricht dem niedrigen langjährigen Mittel.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKG vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Ihr Bestand ist mit 45 m³ gering. Brennbare und schmelzbare Rohabfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert. Als Konditionierungsverfahren kommen im KKG die Bituminierung von Harzen und Konzentraten

sowie die Zementierung von nicht brenn- oder schmelzbaren Abfällen zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und Richtlinie B05 erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor. Das ENSI genehmigte im Berichtsjahr die Herstellung eines neuen Abfallbindetyps mit Ionenaustauscherharzen in Bitumen. Im Jahr 2009 wurden Borkonzentrate und Harze in Bitumen verfestigt.

Die konditionierten Abfallgebände werden routinemässig im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKG nutzt aber auch die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Die radioaktiven Abfälle des KKG sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Ein wichtiges Element bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im Berichtsjahr wurden 77,4 t meldepflichtiges Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie B04 freigemessen. Dabei handelte sich zu rund 96% um metallischen Schrott.

Im Februar 2009 hat das ENSI die Freigabe für das Verfahren zum innerbetrieblichen Trockentransport von abgebrannten Brennelementen aus dem Brennelement-Becken im Reaktorgebäude ins externe KKG-Nasslager erteilt. Sofern ein Transportbehälter mit einer gültigen verkehrsrechtlichen Zulassung verwendet wird, kann das KKG künftig jederzeit Brennelementtransfers durchführen. Im Frühjahr 2009 fanden vier derartige Transfers mit insgesamt 48 abgebrannten Brennelementen statt. Das ENSI hat während der Transferkampagne eine Inspektion durchgeführt, die keine Befunde ergab.

3.6 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI hat im November 2009 an der Werksnotfallübung CORVUS die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Ausgehend von einem Sicherungsszenario war es nötig, die Anlage abzu-

fahren. Die Kantonspolizei wurde aufgeboten. Das ENSI kam zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie B-11 erreicht wurden. Das KKG verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen in Kombination von Sicherungsereignissen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im Dezember 2009 hat gezeigt, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit sind. Im Dezember 2009 löste das ENSI ausserdem im KKG ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes gemäss Richtlinie B-11 bestätigt wurde.

3.7 Personal und Organisation

3.7.1 Organisation und Betriebsführung

Das KKG ist dabei, die Abteilung Kernbrennstoff und die Gruppe Nukleartechnik in einer Abteilung zusammenzufassen. Das ENSI hat bei dieser organisatorischen Änderung die Einhaltung der Richtlinie G07 festgestellt.

Im KKG ist weiterhin ein Generationenwechsel im Gang. Deshalb liegt der Schwerpunkt des KKG im Bereich Personal und Organisation in einer langfristigen Personalplanung mit Kompetenzerhalt in allen Bereichen. Zum Know-how-Erhalt in der Organisation sieht das KKG seit Langem zwischen austretenden und neu eintretenden Personen eine grosse Überlappungszeit vor. Aus diesem Grund wächst der Personalbestand. Ende 2009 arbeiteten im KKG 478 Personen (2008: 413). Diese Zahlen sind allerdings nicht vergleichbar, da ab 2009 auch Teilzeitbeschäftigte mit einem Pensum von weniger als 70% und Auszubildende mitgezählt werden.

3.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden zwei Reaktoroperateur-Anwärter des KKG unter Aufsicht des ENSI die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagen-ausbildung an der PSI-Technikerschule. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Diese Ausbildung vermittelt die erforderlichen allgemeinen theoretischen Kenntnisse auf den Gebieten der thermischen Kraftwerkstechnik und die speziellen Kenntnisse auf den Gebieten Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz. Zwei Reaktoroperateure, drei Schichtchefs und ein Picketingenieur des KKG legten ihre Zulassungsprüfung unter Aufsicht des ENSI mit Erfolg ab. Die

Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und 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 werkseigenen Anlagesimulator. Beim Pickettingenieur erfolgte die praktische Prüfung im Rahmen der Notfallübung CORVUS, bei der er die Tätigkeiten seiner zukünftigen Funktion ausübte. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das ENSI hat das Jahresprogramm der Wiederholungsschulung für das zulassungspflichtige Personal inspiziert. Ein Inspektionsschwerpunkt war die Wiederholungsschulung am Anlagesimulator, da sie einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Kompetenz des Schichtteams zur Beherrschung von sicherheitsrelevanten Störfällen und Betriebs-situationen liefert. Umfang und Methoden entsprachen den Vorgaben des Regelwerks. Zudem inspizierte das ENSI das Verfahren der Ausbildung zum Schichtchef und die Ausbildung des Instandhaltungspersonals der Abteilungen Maschinentech-nik und Elektrotechnik und stellte dabei keine Abweichungen von den Vorgaben fest.

3.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Im Jahr 2008 hatte das KKG die von der Kernenergieverordnung im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung geforderte Dokumentation eingereicht. Eine erste Grobprüfung durch das ENSI zeigte, dass diese unvollständig und teilweise nicht nachvollziehbar war, was zu erheblichen Nachforderungen führte. Deshalb reichte das KKG im Jahr 2009 zusätzliche Unterlagen ein, die Gegenstand der laufenden vertieften Prüfung durch das ENSI sind.

3.9 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2009 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System über 140 Inspektionsgegenstände, 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:

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

Sicherheitsbewertung 2009 KKG:

Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Im Folgenden werden jene Zellenbewertungen begründet, die in die Kategorien A (Abweichung) und höher gehören. Die aufgeführten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 3.1 bis 3.7 ausführlicher behandelt. Die Mehrzahl der Sachverhalte ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung. Deshalb erscheinen dieselben Sachverhalte im Folgenden mehrfach.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- An einem Kolben einer Kühlwasser-Dieselpumpe wurde erhöhter Verschleiss festgestellt.
- Der oben genannte Befund an der Kühlwasser-Dieselpumpe führte wegen Instandsetzungsarbeiten zu deren Unverfügbarkeit.

Ebene 3, Auslegungsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die Schutzbeschaltung der Vorsteuerventile eines Sicherheitsventils des Primärkreislaufs war falsch ausgelegt, was zum Ausfall von vier redundanten Gleichrichtern im Notstandsystem führte.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Während rund zwei Stunden waren die 48-V-Gleichrichter im Notstandsystem nicht verfügbar.
- Die genannte Gleichrichter-Unverfügbarkeit hätte zu einem Ausfall der 48-V-Schienen des Notstandsystems führen können.

Integrität der Brennelemente, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Im 31. Zyklus kam es – wie bereits in den Zyklen davor – zu einer Brennstoffleckage.

Ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Kategorie 1 der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala: Das Personal setzte nach dem Ausfall der 48-V-Gleichrichter im Notstandsystem das Wiederanfahren trotz Hinweisen auf ein «Common-mode»-Versagen fort.
- Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala: Der Ausfall der 48-V-Gleichrichter im Notstandsystem wurde der Aufsichtsbehörde (damals HSK) nicht fristgerecht gemeldet.

Das ENSI bewertete alle Sicherheitsindikatoren als im Normalbereich liegend und ordnete ihnen auf der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala die Kategorie N zu.

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

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

Sicherheitsbewertung 2009 KKG:

Schutzziel-Perspektive

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

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

Für das Kernkraftwerk Gösgen wird die Gesamtbeurteilung der Anlage im Jahr 2009 geprägt durch die Nichtverfügbarkeit der 48-V-Gleichrichter im Notstandsystem vor dem Wiederanfahren im Jahr 2008 (Berücksichtigung in der Sicherheitsbewertung 2009 wegen verspäteter Meldung)

durch denselben Fehlermechanismus («Common-mode»-Versagen).

Die Gesamtbeurteilung von Mensch und Organisation wird dominiert durch den Umgang mit dem erwähnten Mehrfachversagen durch denselben Fehlermechanismus. Hinzu kommen in der systematischen Sicherheitsbewertung nicht abgebildete Beobachtungen aus der Aufsichtstätigkeit, nämlich dass die zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung dem ENSI eingereichte Dokumentation zunächst unvollständig und teilweise nicht nachvollziehbar war und zu erheblichen Nachforderungen führte.

Das Risiko des KKG ist sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwerts. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und über das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich im Vergleich zur natürlich auftretenden Strahlenexposition nur eine unbedeutende zusätzliche Strahlendosis für die Bevölkerung, welche nach Strahlenschutzgesetzgebung in jedem Fall als optimiert und gerechtfertigt gilt.

Aus Sicht des Strahlenschutzes wurden die Routinearbeiten und die Arbeiten im Rahmen des Revisionsstillstands gut durchgeführt. Wegen des geringeren Arbeitsumfangs im Revisionsstillstand ist die Strahlenexposition des Personals rund ein Drittel niedriger als im Vorjahr, aber vergleichbar mit den beiden Jahren davor. Das ENSI bestätigt, dass diese Exposition im Sinne der Strahlenschutzverordnung gerechtfertigt, optimiert und innerhalb der vorgegebenen Grenzen ist.

Das ENSI stellt fest, dass im KKG während des Jahres 2009 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Das ENSI beurteilt die Betriebssicherheit des KKG auf Grundlage der festgestellten Sachverhalte als ausreichend. Das ENSI hat seine Aufsichtsintensität durch den zeitweisen Einsatz eines zweiten Werksinspektors erhöht. Aufgrund des verspätet gemeldeten Vorkommnisses beim Wiederanfahren nach der Jahresrevision 2008 hat das ENSI eine Stellungnahme verlangt zum Versäumnis der fristgerechten Meldung sowie eine Aufarbeitung des Vorkommnisses hinsichtlich Sicherheitskultur. Die entsprechenden Stellungnahmen sind beim ENSI eingegangen und werden geprüft.



Blick auf das
Kernkraftwerk
Leibstadt, gespiegelt
im Info-Pavillon.
Foto: KKL

4. Kernkraftwerk Leibstadt

4.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2009 war im Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb geprägt. Es waren vier meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, die auf der internationalen Ereignisskala INES alle der Stufe 0 zugeordnet wurden. Das ENSI stellt fest, dass das KKL die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten hat und bescheinigt dem KKL eine gute Betriebssicherheit.

Das KKL ist eine Siedewasserreaktor-Anlage. Es nahm seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1984 auf. Die elektrische Nettoleistung beträgt 1165 MW. Weitere Daten sind in den Tabellen 1 und 2 des Anhangs zu finden. Die Figur 7b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage.

Im Bereich Instandhaltungsplanung hat das ENSI im Jahr 2008 Verbesserungen gefordert und deshalb einen Schwerpunkt seiner Inspektionstätigkeit auf die Überprüfung einer adäquaten Instandhaltungsplanung und deren Umsetzung gelegt.

Bei den Prüfungen von Stutzeinschweissnähten und Stutzeninnenkanten des Reaktordruckbehälters wurden die vom ENSI geforderten Verbesserungen der Qualität von Planung, Durchführung und Dokumentation umgesetzt. Der vorgeschriebene Prüfumfang wurde erreicht. Die Auswertung ergab keine unzulässigen Befunde in den geprüften Bereichen. Auch die Prüfungen der Stutzenanschlussnähte wurden zu einem grossen Teil und in geforderter Qualität durchgeführt. Insbesondere wurde an keiner Mischnaht eine bewertungspflichtige Anzeige festgestellt. Die noch ausstehenden Prüfungen an fünf austenitischen Schweissnähten werden im Jahr 2010 durchgeführt. Insgesamt gesehen erfüllte das KKL die Anforderungen des ENSI an die adäquate Instandhaltungsplanung und deren Umsetzung.

Im abgelaufenen Zyklus gab es keine Brennelementschäden. Die Borsäurekonzentration im Reaktorwasser ist aufgrund von Leckagen an Steuerstäben im Jahresverlauf wieder leicht gestiegen. Die im letzten Zyklus als Prävention gegen Spannungsrissskorrosion neu eingeführte Wasserstoff-

Edelmetalleinspeisung hat keine negativen Auswirkungen auf den Strahlungspegel in der Anlage während der Revision hervorgerufen.

Im Revisionsstillstand wurden mehrere Anlagenänderungen zur weiteren Verbesserung und Modernisierung der Anlage umgesetzt. Nennenswert sind der Austausch dreier Detektoren der Neutronenflussmessung, die Fortsetzung der Arbeiten zur Ertüchtigung des Blitzschutzes, die Vorbereitungsarbeiten zum Austausch des Blocktransformators und die Sanierung eines Maschinenhauskrans.

Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurde eingehalten. Die radioaktiven Abgaben lagen unterhalb der Grenzwerte und führten nur zu einer unbedeutenden zusätzlichen Strahlendosis für die Bevölkerung.

Der Anfall radioaktiver Rohabfälle bewegte sich im mehrjährigen Mittel und ist auf einem niedrigen Niveau.

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

Vier Reaktoroperateur-Anwärter bestanden die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der PSI-Technikerschule. Vier weitere KKL-Mitarbeiter bestanden die Prüfung über die kerntechnischen Grundlagen an der Kraftwerksschule Essen. Sechs Reaktoroperateure und vier Schichtchefs legten ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab.

Overall, Staubmaske und Handschuhe schützen die Arbeiter vor Kontamination.

Foto: KKL



4.2 Betriebsgeschehen

Das KKL verzeichnete in seinem 25. Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 92,2 % und eine Zeitverfügbarkeit von 93,6 %. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der letzten 10 Jahre sind im Anhang in Figur 1 dargestellt.

Im Rahmen einer Systemdienstleistung wurde die elektrische Leistung der Anlage am 1. Januar, am 20. Juli, am 23. September 2009 sowie am 22. und 25. Dezember 2009 vorübergehend um 100 MW reduziert. Die Anlage wurde jeweils am gleichen Tag wieder auf Volllast gefahren.

Am 8. August 2009 wurde die Anlage planmässig zum Revisionsstillstand 2009 abgefahren. Seit der letzten Revision war die Anlage ohne Unterbruch oder störungsbedingte Absenkung der Leistung am Netz gewesen. Nachdem alle Arbeiten und die erforderlichen Funktionstests erfolgreich abgeschlossen waren, begannen am 30. August 2009 die Tests zum Nachweis der Reaktorabschaltbarkeit. Zur Messung der Einfahrzeiten der Steuerstäbe wurde der Reaktor zweimal auf eine minimale Leistung angefahren und jeweils durch eine manuell ausgelöste Reaktorschnellabschaltung wieder abgestellt. Am 31. August 2009 wurde die Anlage endgültig angefahren und am 1. September 2009 mit dem Netz synchronisiert.

Beim Hochfahren der Anlage nach dem Revisionsstillstand wurde eine interne Leckage an der Kondensatpumpe der Hochdruck-Vorwärmer festgestellt. Diese Leckage war auf einen Fehler beim Ersatz der Gleitringdichtungen im vorangegangenen Revisionsstillstand zurückzuführen, wobei eine zu lange Distanzhülse eingebaut worden war. Mit dem Austausch der Hülse wurde die Leckage behoben. Hierfür wurde die Reaktorleistung vorübergehend um 10 % vermindert.

Während der Sommermonate musste die Reaktorleistung infolge der hohen Umgebungstemperaturen an einigen Tagen um bis zu 10 % reduziert werden.

Im Berichtsjahr waren vier meldepflichtige Vorkommnisse zu verzeichnen, die vom ENSI alle der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet wurden.

■ Am 21. Mai und am 2. September 2009 kam es wegen einer defekten Elektronikarte zu einem kurzzeitigen Ausfall einer der drei Edelgasmesseinrichtungen am Abluftkamin. In beiden Fällen war dieselbe Messeinrichtung betroffen. Die betroffene Messeinrichtung dient weder der Bilanzierung der mit der Abluft abgegebenen radio-

aktiven Stoffe, noch löst sie Sicherheitsfunktionen aus. Die defekte Komponente wurde jeweils ersetzt und die Funktionalität der Edelmess-einrichtung mit einem Funktionstest nachgewiesen.

- Am 10. Juni 2009 fand der zweimonatliche Einzelscramtest der Steuerstäbe statt. Bei der anschliessenden Funktionskontrolle kam es bei einem Steuerstab zu Störungen im Fahrverhalten. Diese wurden auf die Ablagerung feinsten Partikel zurückgeführt, insbesondere auf dem Boden des Steuerstabführungsrohrs. Betroffen war nur das betriebliche schrittweise Fahren des Steuerstabs. Das Einschliessen bei einer Reaktor-schnellabschaltung war nicht beeinträchtigt. Die Betriebsgrenzen des Reaktorkerns wurden eingehalten. Das KKL wird künftig beim Wechsel von Steuerstabantrieben die Ablagerungen vom Führungsrohrboden absaugen.
- Bei einem periodischen Rundgang stellte die Schichtmannschaft am 17. Oktober 2009 fest, dass eine Rohrleitung im Nebenkühlwassersystem, an der Instandhaltungsarbeiten im Gange waren, nicht wie vorgeschrieben mit einem Blinddeckel verschlossen war. Dieser war ohne Auftrag und Absicherung entfernt worden. Damit war die Integrität des Sekundärcontainments verletzt. Infolge des fehlenden Blinddeckels betrug der Unterdruck im Sekundärcontainment während 19 Stunden weniger als die von der Technischen Spezifikation verlangten 0,3 mbar, aber immer mindestens 0,2 mbar. Die Luft strömte stets durch das offene Rohr ins Sekundärcontainment. Es bestand keine Gefahr einer Freisetzung radioaktiver Stoffe aus dem Sekundärcontainment. Der ordnungsgemässe Zustand wurde innerhalb der vorgegebenen Frist wieder hergestellt.

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

4.3 Anlagetechnik

4.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstands vom 8. bis 31. August 2009 wurden geplante Instandhaltungsmassnahmen wie Inspektionen an mechanischen und elektrischen Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen sowie wiederkeh-

rende Funktionsprüfungen und Begehungen an Komponenten und Systemen durchgeführt. Die Arbeiten konnten bei strahlenschutztechnisch günstigen Bedingungen vorgenommen werden, da während des vorhergehenden Betriebszyklus keine Brennelementschäden aufgetreten waren.

An den mechanischen Anlageteilen wurden eine Reihe von Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten durchgeführt. Nachfolgend werden davon einige der sicherheitstechnisch wichtigen erläutert:

- An Rohrleitungen des Umwälzsystems wurden die in den vergangenen Jahren begonnenen Messungen mit einem qualifizierten Prüfverfahren an insgesamt 11 Rundnähten fortgesetzt. Die Prüfungen umfassten volumetrische Ultraschallprüfungen und die Prüfung auf Oberflächenrisse mittels Farbeindringprüfung. Dabei wurden an zwei Schweissnähten drei bewertungspflichtige Messanzeigen gefunden. Diese wurden als herstellungsbedingt bewertet und sind gemäss den Vorschriften zulässig.
- Am Reaktordruckbehälter (RDB) wurden die im Jahr 2008 unterbrochenen Prüfungen der Stützeinschweissnähte und Stützeninnenkanten mit einem modernen Ultraschall-Prüfsystem fortgesetzt. Die 2008 vom ENSI geforderten Verbesserungen und Nacharbeiten wurden umgesetzt. Die Qualifizierung des Prüfsystems wurde abgeschlossen.
- Nach anfänglichen Schwierigkeiten konnten auch die Ultraschallprüfungen an den Misch- und Anschlussnähten der N3-Stützen des RDB zu einem grossen Teil und in geforderter Qualität abgeschlossen werden. An den Mischnähten wurden keine bewertungspflichtigen Anzeigen festgestellt. Ausstehend sind die Prüfungen an 5 austenitischen Nähten. Diese Prüfungen werden im Jahr 2010 nachgeholt. An allen N3-Stützen wurden zudem Oberflächenprüfungen mittels Wirbelstromprüfverfahren vorgenommen, die keine bewertungspflichtigen Anzeigen ergaben.
- Bei jeder Revisionsabstellung werden ausgewählte Einbauten des Reaktordruckbehälters einer visuellen Prüfung unterzogen. Unter Verwendung spezieller Unterwasser-Kamerasysteme werden Schweissnähte und verschiedene Einbauten auf mögliche Defekte untersucht. In diesem Jahr wurden insbesondere die Verdrehsicherungen der Wasserabscheiderbolzen auf Verschleiss inspiziert. Dabei gab es keine Veränderungen gegenüber dem Revisionsstillstand 2008.
- Kurz nach dem Wiederauffahren nach der Jahresrevision im Jahr 2008 zeigte eine der 20 Strahl-

pumpen im Reaktorwälzsystem einen leicht reduzierten Durchfluss. Aufgrund der Indizien wurde eine teilweise Verstopfung von einer der insgesamt fünf Ansaugöffnungen dieser Pumpe vermutet. Die geringfügige Beeinträchtigung des Durchflusses lag im erlaubten Bereich, weshalb mit der Instandsetzung bis zur nächsten Revisionsabstellung gewartet werden konnte. Im Revisionsstillstand 2009 wurde die Pumpe demontiert und mit einer Unterwasserkamera untersucht. Die Vermutung wurde bestätigt. In einer Ansaugöffnung wurde ein eingeklemmtes ringförmiges Metallteil gefunden und entfernt. Es handelte sich um eine Rändelmutter von ca. 35 mm Durchmesser. Erste Abklärungen ergaben, dass die gefundene Rändelmutter nicht zu einer im System eingebauten Komponente gehört. Der Betreiber klärt die Herkunft der Rändelmutter ab.

- An einer der beiden Umwälzpumpen wurde die Gleitringdichtung ausgetauscht und die Pumpenwelle mittels Wirbelstromprüfverfahren untersucht. Dabei ergaben sich keine Befunde. Die im Revisionsstillstand 2004 aufgrund von Kavitationsschäden reparierte Stelle am Lager wurde mit einem Kamerasystem überprüft. Es wurden Riefen mit einer maximalen Tiefe von rund 1 mm gefunden und als unkritisch befunden. In der Jahresrevision 2010 soll die zweite Umwälzpumpe kontrolliert werden, um zusätzliche Erkenntnisse in Bezug auf die Geschwindigkeit des Schadensmechanismus zu gewinnen.
- Zwei Frischdampfisolationsventile inklusive Antriebe wurden nach einem Dichtheitstest revidiert. An einer Armatur musste die Spindel wegen Abplatzungen an einer Reparaturbeschichtung gegen ein baugleiches Lagerteil ausgetauscht werden. Bei allen übrigen Ventilen wurden die Ölstände und die Stickstoffvorspannungen überprüft. Dabei ergaben sich keine Befunde.
- Bei den Niederdruckturbinen wurden die Endstufen, die Auflage- und Führungskeile kontrolliert und die Beschaukelung endoskopiert. Dabei wurde ein Stück Draht gefunden und entfernt.
- Im Containment wurde die Druckabbaukammer inklusive Abblaseleitungen durch Taucher inspiziert und gereinigt. Am Boden wurden die drei im Jahre 2005 angebrachten, unterschiedlich beschichteten Testflächen untersucht. Es ergaben sich keine Befunde. Die Beschichtung ist in einem guten Allgemeinzustand. Die Saugkörbe der Kernnotkühlsysteme wurden gereinigt.

- Wie jedes Jahr wurde eine der vier Hauptkühlwasserpumpen einer Totalrevision unterzogen. Die Pumpe wurde komplett zerlegt. Laufrad und Pumpenwelle wurden ersetzt. Die ausgebaute Pumpenwelle und das ausgebaute Laufrad wurden auf Schäden geprüft. Allfällige Mängel werden behoben und die Komponenten für den Einbau im kommenden Jahr in eine der anderen Pumpen vorbereitet.

Im Revisionsstillstand 2009 wurden an den **leittechnischen und starkstromtechnischen** Anlagen wichtige Instandhaltungsarbeiten inklusive Funktionsprüfungen durchgeführt. Diese zeigten einen guten Zustand und die einwandfreie Funktionstüchtigkeit der verschiedenen Anlagen. Die wichtigsten Arbeiten sind im Folgenden zusammengefasst:

- In der 380-kV-Schaltanlage des KKL wurden fünf Leitungstrenner sowie beide Abgangsleistungsschalter zur Leitung «Schinberg Nord» revidiert. In der Schaltanlage Laufenburg wurden die Abgangsschalter alterungsbedingt erneuert.
- Die am Generator durchgeführte Revision umfasste visuelle Kontrollen und diverse Messungen. Die Kontrollen zeigten einen guten Zustand des Generators. Zudem wurde die Generatorerregung einer vollständigen Inspektion und Funktionsprüfung unterzogen.
- Im Bereich der leittechnischen Anlagen wurden diverse Kontrollen und Kalibrierungen zur Aufrechterhaltung einer hohen Systemzuverlässigkeit durchgeführt. Zahlreiche Relais und Schütze des Reaktorschutzsystems wurden vorsorglich ersetzt. Drei Positionsanzeigen des Steuerstabsfahr- und Anzeigesystems mussten instand gesetzt werden. Im Neutronenflussmesssystem zur Reaktorüberwachung mussten zwei Leistungsbereichsdetektoren sowie ein Zwischenbereichsdetektor ersetzt werden. Die Auswertung der Detektordaten hatte einen Empfindlichkeitsverlust der Detektoren gezeigt.
- Die Turbinenregelung, die Speiswasserregelung und die Regeleinrichtung des Reaktorkernisolations-Kühlsystems wurden überprüft. Die Instrumentierung wie auch das Regelverhalten waren ordnungsgemäss.
- Im April 2009 wurde anlässlich der monatlichen Überprüfung der Funktionstüchtigkeit und Kalibrierung der vier Wasserstoff-Sensoren im Drywell und im Containment festgestellt, dass ein Sensor nicht funktionstüchtig war. Dieser wurde im Revisionsstillstand ersetzt.

4.3.2 Anlageänderungen

Im Berichtsjahr wurden zahlreiche Änderungen zur weiteren Verbesserung und Modernisierung der Anlage umgesetzt. Nennenswert sind:

- Zur Kalibrierung der Neutronenflussinstrumentierung im Leistungsbetrieb verfügt das KKL über in den Reaktorkern einfahrbare Neutronendetektoren. Die dafür verwendeten Führungsrohre bestehen aus mehreren Teilstücken, die bisher durch Schraubverbindungen verbunden waren. Bei jeder Revisionsabstellung müssen die Teilstücke zu Beginn der Arbeiten unter dem Reaktordruckbehälter demontiert und am Ende der Arbeiten wieder montiert werden. Die Schraubverbindungen wurden jetzt durch Schnellschlussverbindungen ersetzt. Dadurch kann die Aufenthaltszeit im Strahlenfeld und damit auch die Strahlendosis für diese Arbeiten um etwa den Faktor vier reduziert werden.
- Die Laufkatze des Maschinenhauskrans Süd wurde durch eine Wendekatze mit zwei Hubwerken (100 t und 25 t) und einer neuen Steuerung ersetzt. Damit können Lasten einfacher gewendet werden. Diese Änderung wurde im Hinblick auf den im nächsten Jahr geplanten Austausch der Niederdruckturbinen vorgenommen. Sie trägt zur Optimierung der Instandhaltungsarbeiten an der Turbinenanlage, zur Erhöhung der konventionellen Sicherheit und Reduktion der Strahlendosis bei.
- Mit der Wasserstoff- und Edelmetalleinspeisung in den Primärkühlwasserkreislauf wird ein verbesserter Schutz der Kerneinbauten und der Umwälzschleifen vor Spannungsrisskorrosion erwartet. Die Wirksamkeit der Einspeisung wird mittels neu installierter Probenahmesysteme überprüft. Die Zielwerte wurden erreicht.
- Im Revisionsstillstand 2008 wurde im Abgassystem alterungsbedingt eine Berstscheibe ersetzt. Da der eingebaute Berstscheibentyp nicht mehr erhältlich war, musste auf ein Ersatzprodukt ausgewichen werden. Das ENSI erteilte eine zeitlich befristete Freigabe für den Einbau und den temporären Betrieb dieser Berstscheibe. Diese Berstscheibe wurde wie vorgesehen nach einem Jahr gegen einen höher qualifizierten Typ ausgetauscht. Um einen späteren, irrtümlichen Einbau tiefer qualifizierter Berstscheiben auszuschließen, wurde auf Anweisung des ENSI der gesamte Bestand vernichtet.
- Bei der Überprüfung des Zonenkonzepts im Maschinenhaus wurde eine nicht zonenkonforme Entlüftung der Ölsysteme über das Dach fest-



Mit der Lademaschine werden Brennelemente am offenen Reaktor ausgetauscht.
Foto: KKL

gestellt. Damit hätte aktive Maschinenhausluft ohne Aktivitätsmessung an die Umgebung abgegeben werden können. Analysen haben gezeigt, dass über diesen Pfad keine Aktivität nach aussen gelangte. Mit dem Einbau neuer Ölabscheider und der Einbindung der Entlüftung in die Maschinenhausabluft wurde dieser Zustand korrigiert.

Im Revisionsstillstand wurden bei den elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen diverse Änderungen vorgenommen. Folgende seien speziell erwähnt:

- Der Blitzschutz wurde durch Verbesserung des Potenzialausgleichs insbesondere in sicherheitstechnisch wichtigen Anlagebereichen weiter verbessert.
- Im Anlageninformationssystem wurden Verbesserungen der Leitanlagendiagnose, Alarmfunktionen, Trenddarstellung, Prozessbilder und Langzeitspeicherung vorgenommen.
- Die 6,6-kV-Schaltanlagen wurden im Hinblick auf die elektrische Versorgung neu geplanter Gebäude erweitert.



Die Schaltanlage des Kernkraftwerks Leibstadt.

Foto: KKL

- Kapazitive Niveaumesseinrichtungen einer Notstromdieselanlage wurden modernisiert. Sie dienen der Grenzwertbildung für die Niveau- und Leckagenüberwachungen.
- Die Endschalter der Frischdampfisolationsventile wurden mit steckbaren Anschlüssen nachgerüstet. Dies vermindert den Zeitaufwand und damit die Strahlenbelastung beim Austausch der Endschalter.
- Im Maschinenhaus wurden zum Schutz von Personen vor ungeplanter Strahlenexposition vier Gittertüren eingebaut. Zusätzlich wurden 37 Schlösser ein- oder umgebaut und die zugehörigen Schlüssel an die autorisierten Stellen ausgegeben. Sechs Räume im Bereich der Abgasanlage wurden mit einem Raumstrahlungsmonitor ausgerüstet. Weitere Räume werden später nachgerüstet.

4.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im Berichtszeitraum traten keine Brennelementschäden auf. Die Integrität der ersten Barriere war gewährleistet.

Für den 26. Brennstoffzyklus wurden 140 frische Brennelemente vom Typ ATRIUM 10XM eingesetzt. Der Reaktorkern enthält aktuell 252 ATRIUM 10XM und 396 SVEA-96 Optima2-Brennelemente. Das ENSI hat sich davon überzeugt, dass das KKL neue Brennelemente einsetzt, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.

In der Jahresrevision wurden mehrere Optima2-Brennelemente verschiedener Einsatzdauer, die zum Grossteil aus dem langfristigen Inspektionsprogramm für Optima2-Vorläuferelemente

stammten, auf ihren auslegungsgemässen Zustand inspiziert. Ein Schwerpunkt der diesjährigen Inspektion war der Einfluss der 2008 begonnenen Wasserstoff- und Platineinspeisung auf die Brennelemente. Die visuelle Inspektion ergab keine Auffälligkeiten an den verschiedenen Brennelementekomponenten. Die gemessenen Kastenlängen und Kastenverbiegungen lagen innerhalb des bisherigen Erfahrungsbereichs. Die Brennstäbe mit chromoxid-dotiertem Brennstoff wiesen gegenüber den Standardstäben ein leicht erhöhtes Längenwachstum auf, befinden sich aber im Streubereich des gesamten Erfahrungsbereichs. Die gemessenen Oxidschichtdicken lagen unter 30 Mikrometer und waren damit im zulässigen Bereich. Ein negativer Einfluss der Platineinspeisung wurde nicht festgestellt. Die Inspektionsergebnisse entsprachen den Erwartungen.

Eine weitere Änderung des Reaktorkerns war der Einsatz von zwei frischen CR99-Steuerstäben (Ersatz für abgebrannte CR99) und acht frischen CR82M-1-Steuerstäben (Ersatz für Original-Steuerstäbe). Ein CR82M-1-Steuerstab wurde durch einen Original-Steuerstab ersetzt, da sich beim Entkoppeln des CR82M-1-Steuerstabs das Werkzeug verhakt hatte. Eine spätere Inspektion ergab, dass der Stab intakt ist. Er soll in der nächsten Revision wieder eingesetzt werden. Die Inspektion der auf Kontrollpositionen gestandenen zwei CR99-Steuerstäbe ergab Risse in den Steuerstabblättern auf der Höhe der obersten Borkarbidstäbchen. Diese Steuerstäbe sind nicht mehr für einen Einsatz vorgesehen. Im 26. Brennstoffzyklus kam es zu einem Anstieg der Borkonzentration im Kühlmittel. Dies deutet auf Auswaschungen von Steuerstäben hin. Die Abschaltsicherheit war und ist jedoch jederzeit gewährleistet. 16 der 149 Steuerstabantriebe wurden ersetzt.

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

4.3.4 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Der Inhaber einer Betriebsbewilligung für ein Kernkraftwerk hat alle zehn Jahre eine umfassende Sicherheitsüberprüfung durchzuführen. Das Ziel dieser Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) ist zu beurteilen, ob die nach Kernenergiegesetz zu treffende Vorsorge ausreichend erfolgte oder ob Nachrüstmassnahmen notwendig sind. Die

PSÜ stellt eine wichtige Ergänzung zur laufenden Aufsichtstätigkeit des ENSI dar. Schwerpunktartig werden dabei Vergleiche mit dem fortschreitenden Stand von Wissenschaft und Technik angestellt, eine systematische Beurteilung der Betriebserfahrung und des Anlagenzustands vorgenommen und die Ergebnisse der periodisch aufdatierten probabilistischen Sicherheitsanalyse geprüft.

Das ENSI hat eine Überprüfung der eingereichten PSÜ vorgenommen und seine Bewertung in einer im August 2009 veröffentlichten sicherheitstechnischen Stellungnahme festgehalten. Es kommt darin zum Ergebnis, dass das KKL innerhalb des berücksichtigten Beurteilungszeitraums zuverlässig betrieben wurde und jederzeit eine ausreichende Vorsorge gegen eine unzulässige Freisetzung radioaktiver Stoffe sowie eine unzulässige Bestrahlung von Personen im Normalbetrieb und bei Störfällen bestand. Dessen ungeachtet verlangt das ENSI vom Betreiber gestützt auf die PSÜ einige Verbesserungsmassnahmen. Diese dienen in einzelnen Fällen der Anpassung an den Stand der Nachrüsttechnik, vorwiegend aber der weiteren Verminderung der Gefährdung. Die Verbesserungen umfassen insbesondere erweiterte spezifische Überwachungsprogramme für einzelne Behälter und Rohrleitungen, Anpassungen der Aktivitätsüberwachung und des Blitzschutzes an den Stand der Technik sowie ergänzende Nachweise im Bereich der Störfallanalysen.

4.4 Strahlenschutz

Die während des Kalenderjahrs 2009 im KKL akkumulierte Kollektivdosis betrug 946 Pers.-mSv. Die höchste im KKL registrierte Individualdosis betrug 9,4 mSv. Im Leistungsbetrieb und bei der Jahreshauptrevision wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die sich nicht mit einfachen Mitteln entfernen liessen. Inkorporationen von radioaktiven Stoffen bei Personen oberhalb der Triageschwelle gab es ebenfalls keine. Der Dosisgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde auch in diesem Jahr unterschritten.

Die radiologischen Arbeitsbedingungen in der kontrollierten Zone während des Revisionsstillstands waren gut. Im KKL waren seit 2004 keine Brennelementdefekte mehr aufgetreten. Die Konzentration der Iod-Isotope im Reaktorwasser sank nach dem Abfahren der Anlage unter die Nach-

weisgrenze. Die Konzentrationen der Korrosionsprodukte im Reaktorwasser waren vergleichbar mit den Vorjahreswerten. Die Messwerte der Oberflächendosisleistung an den Komponenten des Primärkreislaufs entsprachen ungefähr denjenigen des Vorjahrs. Die an jeweils acht Messpunkten zu Beginn der Revision gemessene mittlere Dosisleistung an den beiden Umwälzschleifen lag um 9% niedriger als im letzten Jahr während der Revisionsabstellung. In der Sekundäranlage wurden ebenfalls günstige radiologische Verhältnisse festgestellt. Die Ortsdosisleistungen lagen im Bereich von einigen Mikrosievert pro Stunde. Ein eindeutiger Trend zu Veränderungen im Vergleich zu den Vorjahren war nicht erkennbar. Die lose Kontamination an zwei ausgebauten Frischdampfleitungs-Isolationsventilen lag zwischen 30 und 600 Richtwerten und war damit deutlich niedriger als in den vergangenen Jahren mit generell 600 Richtwerten an allen Messpunkten.

Für die Arbeiten während des Revisionsstillstands wurde eine Kollektivdosis von 685 Pers.-mSv (EPD) akkumuliert, geplant waren 830,0 Pers.-mSv. Die tatsächlich ermittelte Kollektivdosis für die Revision betrug 90 % des abgeschätzten Werts, was ein gutes Ergebnis ist. Es wurde eine im Voraus meldepflichtige Tätigkeit mit einer Jobdosis über 50 Pers.-mSv durchgeführt, nämlich die mechanisierten Ultraschall-Prüfungen der beiden Umwälzschleifen und zahlreicher RDB-Stutzen (siehe dazu Kap. 4.3.1) mit einer geplanten Dosis von insgesamt 257 Pers.-mSv. Am Ende der Revision belief sich die Jobdosis des dafür eingesetzten Personals auf 243 Pers.-mSv.

Im Rahmen des Projekts KKLVIP (Vessel and Internals Project) zum Schutz des Primärkreislaufs vor Spannungsrisskorrosion wird vom KKL seit September 2008 Wasserstoff ins Reaktorwasser zudosiert. Vom 24. November bis 6. Dezember 2008 wurden zum ersten Mal insgesamt 700 g Platin in Form einer wasserlöslichen Verbindung ins Reaktorwasser eingespeist. Die zweite Einspeisung von Platin fand vom 23. November bis 4. Dezember 2009 statt. Die Ortsdosisleistung am Zaun des KKL-Areals blieb auch während der gesamten zweiten Einspeisung deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert von 0,57 μ Sv/h.

Das KKL hat ein Konzept zur Verhinderung ungeplanter Strahlenexposition entwickelt und im Jahr 2009 in der Sekundäranlage umgesetzt. Es beinhaltet im Wesentlichen das konsequente Verschliessen der Zugänge von Räumen mit hoher Ortsdosisleistung und die Installation von zusätzlichen Do-

sisleistungsmessgeräten. Ausserdem werden die Schwellen der elektronischen Dosimeter für den Dosis- und den Dosisleistungsalarm so angepasst, dass ein Alarm in jedem Fall ein sofortiges Verlassen des Gefahrenbereichs zur Folge hat.

Der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz war angemessen und ermöglichte es, die administrativen und technischen Schutz- und Überwachungsaufgaben korrekt auszuüben.

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

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser ohne Tritium. Die Tritium-Abgaben des KKL betragen rund 15 % des Jahresgrenzwerts. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben bis auf eine einzelne Abwasserprobe Übereinstimmung mit den vom KKL gemeldeten Analyseergebnissen. Bei der betroffenen Abwasserprobe wird eine Anlagerung der Aktivität am Probebehälter vermutet. Die Abweichung ist jedoch für die Jahresbilanz radiologisch unbedeutend.

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 KKL unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen 0,0021 mSv für Erwachsene, 0,0027 mSv für Zehnjährige und 0,0046 mSv für Kleinkinder und liegen damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss der Richtlinie R-11.

Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werks ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die Thermolumineszenz-Dosimeter, die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerksareals die Dosis messen, zeigten mit einem Jahreshöchstwert von 1,4 mSv keine Veränderung gegenüber dem Vorjahr. Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKL wurden ebenfalls keine signifikanten Veränderungen festgestellt. Die

in Artikel 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten.

Für detaillierte Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des KKL wird auf den Strahlenschutzbericht 2009 des ENSI verwiesen.

4.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKL regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas- und Fortluftreinigung und als verbrauchte Brennelementkästen an. Weitere Abfälle stammen vom Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 31 m³ etwas kleiner als im Vorjahr. Der Anfall bewegt sich in der Schwankungsbreite des mehrjährigen Mittelwerts auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKL vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Ihr Bestand ist mit 16 m³ gering. Brennbare und schmelzbare Rohabfälle sowie Altöl wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren kommt im KKL ausschliesslich die Zementierung zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und Richtlinie B05 erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor. Hinsichtlich der Abfallgebindetypen erteilte das ENSI im Berichtsjahr eine Genehmigung für die Herstellung von sieben neuen Typen mit aktivierten oder kontaminierten Reaktorabfällen. Im 2009 wurden verbrauchte Harze und Konzentrate sowie erstmals Edelstahlbehälter mit Neutronendetektoren zementiert.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKL nutzt aber auch die Kapazitäten der ZWILAG in Würenlingen. Die radioaktiven Abfälle des KKL sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen

Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Ein wichtiges Element bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKL wurden im Jahr 2009 insgesamt 25 t meldepflichtiges Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie B04 als inaktiv freigemessen.

Schwach kontaminiertes Metall aus den Leitschaukeln der Niederdruckturbine wurde 2008 für die Verarbeitung zu einer schwedischen Schmelzanlage transportiert und dort eingeschmolzen. Bei diesem Verfahren reichern sich die Radionuklide in der Schlacke an, die anschliessend als radioaktiver Abfall in die Schweiz zum KKL zurückgeführt und entsorgt wird. Das verbleibende Metall wird freigemessen. Die Giesslinge (16 t) konnten alle freigegeben werden. Lediglich eine geringe Menge von 244 kg Schlacke und Filterstaub wurden Ende 2009 zur weiteren Behandlung als radioaktiver Abfall ins KKL zurückgeschickt. Das ENSI hatte vorgängig überprüft, dass die dabei angewendeten Kriterien mindestens gleich streng sind wie diejenigen der Richtlinie B04.

4.6 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des KKL ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werksareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrich-

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

Das ENSI hat im Juni 2009 an der Werksnotfallübung FOX die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Der Übung wurde folgendes Szenario unterstellt: Bei der Anlieferung von Sauerstoff mit einem Tanklastwagen kam es direkt neben den Haupttransformatoren zu einem Unfall mit einer schweren Baumaschine. Aus dem defekten Tank trat Sauerstoff aus. Der Asphalt begann zu brennen, das Feuer breitete sich aus und erreichte den Eingang zum Ausbildungs- und Informationszentrum. Zur Feuerbekämpfung musste der Haupttrafo ausgeschaltet werden. Der Reaktor wurde ebenfalls abgeschaltet. Die fehlende externe Stromversorgung, der Ausfall eines Notstromdiesels und später auch des Reaktorkernisoliations-Kühlsystems bildeten den Rahmen innerhalb dessen die Anlage gemäss Störfallanweisung in einen sicheren Zustand abgefahren werden musste.

Aufgrund ihrer Übungsbeobachtungen identifizierten das ENSI und das KKL einzelne Verbesserungsmöglichkeiten. Das ENSI kam zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie B-11 erreicht wurden. Das KKL verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Eine Inspektion im Dezember 2009 hat gezeigt, dass die Notfallkommunikationsmittel für den Kontakt zu externen Stellen betriebsbereit sind. Im Dezember 2009 löste das ENSI im KKL ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei wel-



Brennelemente werden ferngesteuert im Kompaktlagergestell abgesetzt.
Foto: KKL

chem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabs gemäss Richtlinie B-11 bestätigt wurde.

4.7 Personal und Organisation

4.7.1 Organisation und Betriebsführung

Das KKL hat in der Abteilung Maschinentechnik ein neues Ressort «Qualitätstechnik» geschaffen, welches für alle Fachaufgaben im Zusammenhang mit zerstörungsfreien Prüfungen zuständig ist. Dazu gehören die Planung, Durchführung, Überwachung und Auswertung von Wiederholungsprüfungen an mechanischen Komponenten und die Qualifizierung von ZfP-Systemen.

Im KKL stehen in den nächsten Jahren verschiedene grosse Projekte an. Zu deren Bewältigung, aber auch um im immer noch laufenden Generationenwechsel genügend Überlappungszeit zu ermöglichen, wurde die Belegschaft des KKL stark erhöht. Ende 2009 arbeiteten im KKL 497 Personen (2008: 466).

Sicherheitsgerichtetes Entscheiden trägt wesentlich zu einem sicheren Betrieb einer Kernanlage bei. Um eine strukturierte Vorgehensweise bei der Entscheidungsfindung zu fördern, hat das KKL den Entscheidungsprozess FORDEC (Facts, Options, Risks, Decision, Execution, Check) theoretisch und an praktischen Beispielen mit Übungen geschult.

4.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden vier Reaktoroperateur-Anwärter des KKL unter Aufsicht des ENSI die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagen-ausbildung an der PSI-Technikerschule. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Vier weitere KKL-Mitarbeiter bestanden unter Aufsicht des ENSI die Prüfung über die kerntechnischen Grundlagen an der Kraftwerksschule Essen. Diese Ausbildung ergänzt die schon vorhandenen allgemeinen technischen Kenntnisse mit den speziellen Kenntnissen auf den Gebieten Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz. Sechs Reaktoroperateure und vier Schichtchefs des KKL legten ihre Zulassungsprüfung unter Aufsicht des ENSI mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage bei Betriebs- und Störfällen und zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator.

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

Das ENSI hat das Jahresprogramm der Wiederholungsschulung für das zulassungspflichtige Personal der Abteilung Betrieb des KKL inspiziert. Ein Inspektionsschwerpunkt war die Wiederholungsschulung am Anlagesimulator, da sie einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Kompetenz des Schichtteams zur Beherrschung von sicherheitsrelevanten Störfällen und Betriebsituationen liefert. Umfang und Methoden entsprachen den Vorgaben des Regelwerks. Zudem inspizierte das ENSI das Verfahren der Ausbildung zum Schichtchef und die Ausbildung des Instandhaltungspersonals der Abteilungen Maschinentechnik und Elektrotechnik und stellte dabei keine Abweichungen von den Vorgaben fest.

4.8 Sicherheitsbewertung

Im Jahr 2009 beurteilte das ENSI mit dem im Anhang (Kapitel Sicherheitsbewertung) beschriebenen System über 190 Inspektionsgegenstände, 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:

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

Sicherheitsbewertung 2009 KKL:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass weder Inspektionsergebnisse, Vorkommnisse noch Sicherheitsindikatoren eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Im Folgenden werden jene Zellenbewertungen begründet, die in die Kategorien A (Abweichung) und höher gehören. Die aufgeführten

Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 4.1 bis 4.7 ausführlicher behandelt. Die Mehrzahl der Sachverhalte ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung. Deshalb erscheinen dieselben Sachverhalte im Folgenden mehrfach.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die Edelgasmessung am Abluftkamin zeigte in einem Fall während rund vier Stunden fehlerhafte Messwerte, in einem zweiten Fall war sie während rund zwei Stunden nicht verfügbar.

- Ein Steuerstab zeigte bei einem Einzelscramtest ein fehlerhaftes Verhalten beim betrieblichen schrittweisen Fahren.

Ebene 2, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die unter Ebene 1 genannten Abweichungen bei der Edelgasmessung am Abluftkamin haben auch eine Bedeutung für die Ebene 2.

Ebene 2, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Bei der Reaktion auf das fehlerhafte Verhalten eines Steuerstabs bei einem Einzelscramtest ging das Personal zu wenig systematisch vor, was zu einem fehlerhaften Einfahren dieses Steuerstabs führte.

Integrität des Containments, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Wegen eines fehlenden Blindflanschs an einer Rohrleitung des Nebenkühlwassersystems war die Sekundärcontainment-Grenze vorübergehend verletzt. Die Druckdifferenz lag während rund 19 Stunden unterhalb des geforderten Werts.

Integrität des Containments, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Arbeiten am Nebenkühlwassersystem wurden von der für die Planung zuständigen Stelle nicht korrekt vorbereitet und begleitet.

- Bei diesen Arbeiten wurde ein Blindflansch an einer Rohrleitung des Nebenkühlwassersystems vom vor Ort tätigen Personal ohne Auftrag und Absicherung entfernt.

Das ENSI bewertete alle Sicherheitsindikatoren als im Normalbereich liegend und ordnete ihnen auf der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala die Kategorie N zu.

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeord-

net worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

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

Sicherheitsbewertung 2009 KKL:

Schutzziel-Perspektive

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

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

Für das Kernkraftwerk Leibstadt wird die Gesamtbeurteilung der **Anlage** im Jahr 2009 dadurch geprägt, dass nur wenige Abweichungen beobachtet wurden und diese von geringer Bedeutung sind.

Die Gesamtbeurteilung von **Mensch und Organisation** wird durch die bei Arbeiten an einer Rohrleitung des Nebenkühlwassersystems erfolgten Abweichungen geprägt.

Das Risiko des KKL ist sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwerts. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und über das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich im Vergleich zur natürlich auftretenden Strahlenexposition nur eine unbedeutende zusätzliche Strahlendosis für die Bevölkerung, welche nach Strahlenschutzgesetzgebung in jedem Fall als optimiert und gerechtfertigt gilt.

Aus Sicht des Strahlenschutzes wurden die Routinarbeiten und die Arbeiten im Rahmen des Revisionsstillstands gut durchgeführt. Die Strahlenexposition des Personals ist etwas niedriger als 2008 aber unter Berücksichtigung des ebenfalls geringeren Arbeitsumfangs vergleichbar mit den Vorjahren. Das ENSI bestätigt, dass diese Exposition im Sinne der Strahlenschutzverordnung gerechtfertigt, optimiert und innerhalb der vorgegebenen Grenzen ist.

Das ENSI stellt fest, dass im KKL während des Jahres 2009 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Es beurteilt die Betriebssicherheit des KKL als gut.



Blick auf das Zentrale Zwischenlager Würtenlingen.
Foto: ZWILAG

5. Zentrales Zwischenlager Würtenlingen

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

5.1 Zwischenlagergebäude

Die Zwischenlagergebäude der ZWILAG dienen der Lagerung von abgebrannten Brennelementen und von radioaktiven Abfällen aller Kategorien über mehrere Jahrzehnte hinweg. Sie umfassen die Behälterlagerhalle (HAA-Lager) für abgebrannte Brennelemente und verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung, das Lagergebäude für mittelaktive Abfälle (MAA-Lager) und die Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle (SAA-Lager). Zum Zwischenlager gehören auch das Empfangsgebäude und die so genannte Heisse Zelle.

Im HAA-Lager wurden im Berichtsjahr in einer Doppelkampagne zwei Transport- und Lagerbe-

hälter (TL-Behälter) mit abgebrannten Brennelementen aus dem KKL eingelagert. Das ENSI hat die entsprechenden Einlagerungsanträge geprüft und die Einlagerungsfreigaben erteilt. Ende 2009 betrug der Lagerbestand im HAA-Lager 33 TL-Behälter, wovon 5 CASTOR- und 3 TN-Behälter mit insgesamt 224 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen bei AREVA NC (La Hague), 24 TN-Behälter mit insgesamt 1763 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb der KKW sowie 1 CASTOR-Behälter mit den Brennelementen aus dem stillgelegten Forschungsreaktor DIORIT des PSI stammen. Die Belegung des HAA-Lagers beträgt per Ende 2009 rund 16 %. Neben den erwähnten Transport- und Lagerbehältern 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 2009 konditionierte Gebinde aus der ZWILAG Produktion sowie mittelaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in Frank-

reich (CSD-C) eingelagert. Ende 2009 betrug der Bestand im MAA-Lager 5572 Gebinde in Lagergestellen (Harassen), was einem Belegungsgrad von rund 22 % entspricht.

Das SAA-Lager wird entsprechend dem Nutzungskonzept der ZWILAG bis auf Weiteres als konventionelles Lager für nichtradioaktive Ausrüstungen und Materialien genutzt. Demzufolge bleibt der maschinentechnische Ausbau auf die für diese Nutzung erforderlichen Einrichtungen beschränkt. In der Heissen Zelle wurden im Berichtsjahr umfangreiche Arbeiten am so genannten Megapie-Target des PSI durchgeführt. Dabei handelt es sich um ein Blei-Wismut-Target, welches in der Spaltungs-Neutronenquelle (SINQ) am PSI-West während 123 Tagen mit hochenergetischen Protonen bestrahlt und entsprechend aktiviert wurde. Nach erfolgreichem Transfer zum ZZL in einem eigens hierfür hergestellten Behälter wurde die ca. 4 Meter lange Targetkonstruktion in die Heisse Zelle eingeschleust und dort zerlegt. Die unterschiedlich langen Teilstücke wurden in zylindrische Primärbehälter aus Stahl eingeschweisst und in einem KC-T12-Beton-Container mit Zementmörtel endkonditioniert. Sieben vorgängig separierte kleinere Abschnitte wurden hingegen in einen Stahlgussbehälter verpackt und sollen für Materialuntersuchungen im Laufe des Jahres 2010 in das Hotlabor des PSI überführt werden. Der KC-T12 Container gelangt in einer ersten Phase zwecks Abklingen ins MAA-Lager der ZWILAG und soll frühestens nach zwei bis drei Jahren ins Bundeszwischenlager (BZL) des PSI überführt und dort eingelagert werden. Die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten für die Zerlegung und die Konditionierungsarbeiten waren nach Planung und Absprache zwischen dem PSI (Abfalleigentümer) und der ZWILAG (Anlageneigentümer) festgelegt worden. Das ENSI hat die Zerlegung des Targets in der ZWILAG freigegeben und die Durchführung der Vorbereitungs- und Konditionierungsarbeiten überwacht.

5.2 Konditionierungsanlage

Die Konditionierungsanlage dient der Behandlung von schwachaktiven Abfällen aus dem Betrieb und aus der späteren Stilllegung der schweizerischen Kernkraftwerke sowie, bei Bedarf, von radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung, die keine Alphastrahler enthalten. Im Berichtsjahr fanden in der Konditionierungsanlage folgende grösseren Arbeiten statt:

- Das Hochregallager der Konditionierungsanlage wurde als Eingangslager für Rohabfälle benutzt. Zu einem späteren Zeitpunkt werden diese ins Hochregallager der Plasma-Anlage transferiert und von dort der Verarbeitung zugeführt.
- Sekundärabfälle aus dem Betrieb der Lager sowie der Konditionierungsanlage und der Plasma-Anlage wurden im Hinblick auf eine spätere Endkonditionierung verarbeitet und verpackt. Weitere kleine Container (KC-T12) wurden mit den aus der Erneuerung der Ofendeckelmauerung angefallenen Bruchstücken produziert.
- Kontaminierte, leere Fässer aus dem KKM und dem PSI wurden mittels einer Ultraschallanlage dekontaminiert und freigemessen.
- 112 so genannte «Wire Mesh Filter» aus dem KKM wurden in der β/γ -Box zerlegt. Die Filtermatten wurden zerkleinert, in PE-Säcke abgefüllt und in der Fasspresse zu insgesamt 23 Rohabfallfässern verpresst. Diese Fässer werden in der Plasma-Anlage verarbeitet.
- Die bei der Dekontaminierung der Abschirmsteine aus Lucens angefallenen Zementstäube wurden in 200-l-Fässer homogen zementiert.
- Die fest installierte Zementieranlage im Konditionierungsgebäude K wurde demontiert, damit der entsprechende Raum anderweitig genutzt werden kann. Diese Anlage sowie der Aufstellungsraum waren nie in aktivem Betrieb, weshalb bei diesen Arbeiten kein radioaktiver Abfall anfiel.

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 Kernkraftwerke sowie aus Medizin, Industrie und Forschung.

Im Berichtszeitraum wurden wie in den Vorjahren jeweils eine Frühjahrs- und eine Herbstkampagne durchgeführt. Die Arbeiten verliefen planmässig, was sich in der erfolgreichen Verarbeitung von 938 Abfallfässern und 1800 Liter Öl zu 278 konditionierten Gebinden ausdrückt. Dies entspricht mehr als dem Jahresanfall aus dem Betrieb in allen schweizerischen Kernanlagen. Pro Kampagne

werden jeweils 50 bis 60 Fässer mit schmelzbaren Abfällen verarbeitet.

Im September 2009 hat das ENSI die Freigabe zum uneingeschränkten Betrieb der Plasma-Anlage erteilt, so dass die Herbstkampagne bereits keiner separaten Kampagnenfreigabe mehr bedurfte. Sämtliche Auflagen der bundesrätlichen Betriebsbewilligung vom 6. März 2000 sind inzwischen erfüllt oder im Falle periodisch wiederkehrender Aktionen in das Berichts- bzw. Inspektionsregime eingearbeitet worden. Eine weitere Voraussetzung für die Freigabe war die Genehmigung des neuen Abfallgebindetyps, in dessen Spezifikation alle drei bisher vorläufig freigegebenen Abfallgebinde-typen zusammengeführt sind.

5.4 Strahlenschutz

In der Berichtsperiode wurde im ZZL eine Kollektivdosis von 13 Pers.-mSv akkumuliert. Der geschätzte Wert von 30 Pers.-mSv wurde dank guter administrativer und technischer Strahlenschutzmassnahmen deutlich unterschritten.

Die höchste registrierte Einzeldosis betrug 1,1 mSv. Im Berichtsjahr wurden weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen festgestellt. Die durch den Strahlenschutz regelmässig erhobenen Proben zeigten weder auf den Oberflächen noch in der Atemluft Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Zu den im Berichtsjahr ausgeführten strahlenschutzrelevanten Tätigkeiten des ZZL-Betriebs zählen unter anderem der Umgang mit Transport- und Lagerbehältern für abgebrannte Brennelemente, die Anlieferung von radioaktiven Stoffen zur weiteren Verarbeitung im ZZL, die Konditionierung von radioaktiven Abfällen, die Zerlegung des Megapie-Targets (siehe 5.1) sowie die Verbrennungs- und Schmelzkampagnen in der Plasma-Anlage. Bei den Konditionierungsarbeiten konnte nach Dekontamination ein Teil des angelieferten Materials nach Richtlinie B04 freigemessen und als nicht radioaktiver, konventioneller Abfall entsorgt werden. Die Tätigkeiten in den Anlagen der ZWILAG wurden unter Einhaltung der gesetzlichen und internen Strahlenschutzvorgaben durchgeführt. Die Ergebnisse mehrerer ENSI-Inspektionen bestätigen, dass im ZZL ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Be-

triebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben und Aerosolfiltern ergaben Übereinstimmung mit den von der ZWILAG gemeldeten Analyseergebnissen. Die aufgrund der Abgaben unter ungünstigen Annahmen berechnete Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des ZWILAG lagen mit weniger als 0,001 mSv für Erwachsene, Zehnjährige und Kleinkinder deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,05 mSv.

Die ZWILAG und das PSI teilen einen gemeinsamen Standort; die Umgebungsüberwachung für den gesamten Standort mittels Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) wird vom PSI durchgeführt. Die TLD in der Umgebung und am Arealzaun des zentralen Zwischenlagers der ZWILAG zeigten keine dem Betrieb der beiden Anlagen zuzuschreibende Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Die nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Betriebsareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden somit in jedem Fall eingehalten.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des gemeinsamen Standorts PSI und ZWILAG wird auf den Strahlenschutzbericht 2009 des ENSI verwiesen.



Ein Transport- und Lagerbehälter wird mit dem Kran in die Lagerhalle für hochaktive Abfälle gestellt.
Foto: ZWILAG

5.5 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation der ZWILAG 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 die ZWILAG die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Das ENSI hat im Juni 2009 an der Werksnotfallübung FLEXI die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Ausgehend von einem Sicherungsszenario wurden der Notfallstab und die Kantonspolizei aufgebildet. Das ENSI kam zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie B11 erreicht wurden. Die ZWILAG verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen auch in Kombination mit Sicherungsereignissen geeignete Notfallorganisation.

Im Dezember 2009 löste das ENSI im ZZL ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabs gemäss Richtlinie B11 bestätigt wurde.

5.6 Personal und Organisation

Das ZWILAG hat das Projekt Personalorganisation 2010 abgeschlossen und beschäftigt zurzeit 60 (2008: 56) Personen. Insbesondere zur Verstärkung im Konditionierungsbereich ist es vorgesehen, die Belegschaft weiter zu vergrössern.

Die Deckel der Lagerbehälter sind mit Messeinrichtungen versehen.
Foto: ZWILAG



5.7 Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen

In La Hague (Frankreich) und in Sellafield (Grossbritannien) werden abgebrannte Brennelemente aus schweizerischen Kernkraftwerken durch die Firmen AREVA NC (vormals COGEMA) und SL (Sellafield Ltd.; vormals BNFL/BNGS) im Rahmen der abgeschlossenen Verträge wiederaufgearbeitet. Durch das Exportmoratorium (Art. 106, Abs. 4 KEG) beschränken sich diese Arbeiten allerdings auf die vor Juli 2006 dorthin transportierten Brennelemente. Die dabei entstandenen Abfälle müssen vertragsgemäss in die Schweiz zurückgeführt werden. Zur Rücklieferung vorgesehen und bereits erzeugt sind verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung bei AREVA NC und bei SL sowie verpresste mittelaktive Abfälle der AREVA NC.

Mit den bisherigen ausschliesslich aus Frankreich zurückgelieferten Glaskokillen hat die Schweiz rund 50 % ihrer Verpflichtungen gegenüber AREVA NC für die Rücknahme hochaktiver Abfälle erfüllt. Weitere Transporte dieser Abfallart zum ZZL werden erst ab 2012 stattfinden. Im Berichtsjahr hat die Rücklieferung von mittelaktiven verpressten Abfällen (CSD-C) der AREVA NC begonnen. Wie die Glaskokillen (CSD-V) werden diese Gebinde in den gleichen Behältern angeliefert, da beide Gebindetypen zwar unterschiedliche Massen, aber identische Abmessungen haben. Die CSD-C können allerdings im ZWILAG analog den mittelaktiven Betriebsabfällen wieder ausgeladen und im MAA-Lager eingelagert werden. Das ENSI hat die erstmalige Einlagerung von Abfällen dieses Typs in das MAA-Lager der ZWILAG freigegeben.

Experten des ENSI haben stichprobenweise die Auslagerung und die Kontrolle der zurückzunehmenden Abfälle sowie die Beladung der Transportbehälter in La Hague inspiziert. Bei diesen Kontrollen wurden in allen Fällen Übereinstimmung mit den Vorgaben festgestellt. Mitte Oktober 2009 sind zum ersten Mal zwei Transportbehälter mit je 20 Kokillen mit mittelaktiven verpressten Abfällen aus der Wiederaufarbeitung von Brennstoff aus dem Betrieb des KKG im ZZL eingetroffen. Die CSD-C-Kokillen wurden aus den Transportbehältern entladen und in das MAA-Lager der ZWILAG eingelagert. Die entleerten Transportbehälter werden wiederholt für weitere Rücklieferungen eingesetzt. Das ENSI hat während der Einlagerungsarbeiten mehrere Inspektionen durchgeführt.

Für die Rückführung der Abfälle aus Sellafield machen die schweizerischen Kernkraftwerksbetreiber von der Möglichkeit der Substitution Gebrauch: Anstelle der schwach- und mittelaktiven Abfälle wird eine hinsichtlich der radiologischen Eigenschaften gleichwertige, aber volumenmässig viel kleinere Menge an verglasten, hochaktiven Abfällen in die Schweiz zurückgeführt und so die Anzahl der Transporte stark reduziert. Erste Rücktransporte der Glaskokillen aus Sellafield sind ab 2013 geplant.

5.8 Vorkommnisse

Im Berichtsjahr waren hinsichtlich der nuklearen Sicherheit drei Vorkommnisse zu verzeichnen, welche dem ENSI gemäss Richtlinie B03 gemeldet wurden.

- Am 22. Januar 2009 wurden im Rahmen einer routinemässigen Überprüfung Korrosionsschäden an einem Gebinde von KKG festgestellt. Das Vorkommnis wurde vom ENSI als INES 0 «below scale» bewertet. Weitere korrodierte Fässer von KKM waren 2008 ins ZZL zur Sanierung transportiert worden. Als Reparaturkonzept sieht die ZWILAG eine neue Konditionierung mittels der Plasma-Anlage vor.
- Im Rahmen der Einlagerungskampagne der CSD-C-Kokillen trat am 15.10.2009 ein Verankerten des Primärdeckels am Transportbehälter auf, gefolgt von einer Kranstörung am 10-t-Hilfshub des Lagerhallenkranes. Der Primärdeckel konnte wieder in die Normallage zurückgebracht und

anschliessend geöffnet werden. Der Fehler in der Kransteuerung konnte ermittelt und behoben werden. Weder am Behälter noch an den Hebezeugen sind Beschädigungen aufgetreten. Das Vorkommnis wurde vom ENSI als INES 0 «below scale» eingestuft.

- Anlässlich eines internen Audits am 16.10.2009 wurde von der ZWILAG ein nicht dem Qualitätsplan entsprechender Personaleinsatz bei der Handhabung von CSD-C-Kokillen festgestellt. Dieses Vorkommnis war Ende 2009 beim ENSI noch in Bearbeitung.

5.9 Gesamtbeurteilung

In die Behälterlagerhalle der ZWILAG werden Transport- und Lagerbehälter routinemässig eingelagert. Der Zustand aller Anlagenteile ist bezüglich der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes gut. Die Betriebsführung erfolgte vorschriftsgemäss.

Die Tätigkeiten in der Konditionierungs- sowie in der Plasma-Anlage nehmen inzwischen einen erheblichen Teil an den Gesamtaktivitäten der ZWILAG ein. Deren Betrieb erfolgte ohne Störungen. Das ENSI beurteilt die Erfüllung der Strahlenschutzaufgaben als gut. Die erforderliche Notfallbereitschaft ist gegeben. Das Managementsystem ist etabliert und die notwendigen Personalausbildungen finden statt, insbesondere auch vor dem Hintergrund einer steigenden Zahl des Eigenpersonals.



Blick auf das Paul Scherrer Institut. Im Hintergrund das zentrale Zwischenlager. Foto: PSI

6. Paul Scherrer Institut (PSI)

6.1 Die Kernanlagen des PSI

Das PSI ist das grösste eidgenössische Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften. Zusammen mit in- und ausländischen Hochschulen, Instituten, Kliniken und Industriebetrieben arbeitet es in den Bereichen Materialwissenschaften, Elementarteilchen-Physik, Umwelt- und Energieforschung, Biowissenschaften sowie Strahlenmedizin. Der Nullleistungs-Forschungsreaktor PROTEUS, das zur Untersuchung von Kernbrennstoffen und radioaktiven Werkstoffen spezialisierte Hotlabor, die Anlagen für die Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle sowie die im Rückbau befindlichen Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT sind Kernanlagen und werden durch das ENSI beaufsichtigt.

Im Berichtsjahr waren hinsichtlich der nuklearen Sicherheit zwei Vorkommnisse zu verzeichnen, wel-

che dem ENSI gemäss Richtlinie B03 gemeldet wurden. Diese sind im Kapitel *Forschungsreaktor PROTEUS* und im Kapitel *Lagerung radioaktiver Abfälle* erörtert.

6.2 Forschungsreaktor PROTEUS

Der Forschungsreaktor PROTEUS konnte im Jahr 2009 zuverlässig betrieben werden. Erhebliche Anstrengungen wurden bei der Ausbildung von zulassungspflichtigem Personal unternommen. Es wurden 3 Personen als Reaktorphysiker bzw. -operatoren für den PROTEUS lizenziert. Ein Schwerpunkt lag bei Aktivitäten für die Ertüchtigung der Anlage für das Projekt PROTEUS Upgrade.

Vorkommnismeldung: Beim monatlichen Check des Forschungsreaktors PROTEUS konnten am 26.03.2009 nach einem Abschalttest die Sicher-

heits- und Abschaltstäbe nicht wieder ausgefahren werden. Als Störungsursache wurde bei einem von vier redundanten Relais im elektrischen Auslösekreis des Reaktorschutzes eine Kontaktoxidation festgestellt. Durch die Störung war die Schnellabschaltfunktion des Reaktorschutzes nicht beeinträchtigt. Als Sofortmassnahme wurde an dem störungsbehafteten Relais der oxidierte Kontakt gereinigt. Als Folgemaassnahme wird zur Kontrolle der einzelnen Relais in der Überwachungskette eine Spannungsmessung in die Liste des dreimonatlichen Checks aufgenommen. Bei dem Vorkommnis wurden keine radioaktiven Stoffe freigesetzt und die nukleare Sicherheit der Kernanlage war jederzeit gewährleistet. Der Fehler wurde bei einem periodischen Test erkannt, womit der Zweck des Tests erfüllt wurde. Das Vorkommnis hat eine sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung. Das Vorkommnis steht gemäss INES Manual in Zusammenhang mit der nuklearen Sicherheit, ohne diese jedoch signifikant zu beeinträchtigen, und die Sicherheitsvorsorge wurde durch das Vorkommnis nicht geschwächt. Das ENSI bewertet das Vorkommnis mit INES 0 (unterhalb der Skala). Der Reaktor wurde im Jahr 2009 während 60 Stunden betrieben (2008: 40 h; 2007: 30 h) und erbrachte dabei eine integrierte Leistung von 4,5 kWh. Bei der alle zwei Jahre durchzuführenden Treiberstabsinspektion ist deren Zustand als gut be-

wertet worden. Die Kollektivdosis für 9 Personen betrug 2,0 Pers.-mSv, die höchste Individualdosis 0,6 mSv.

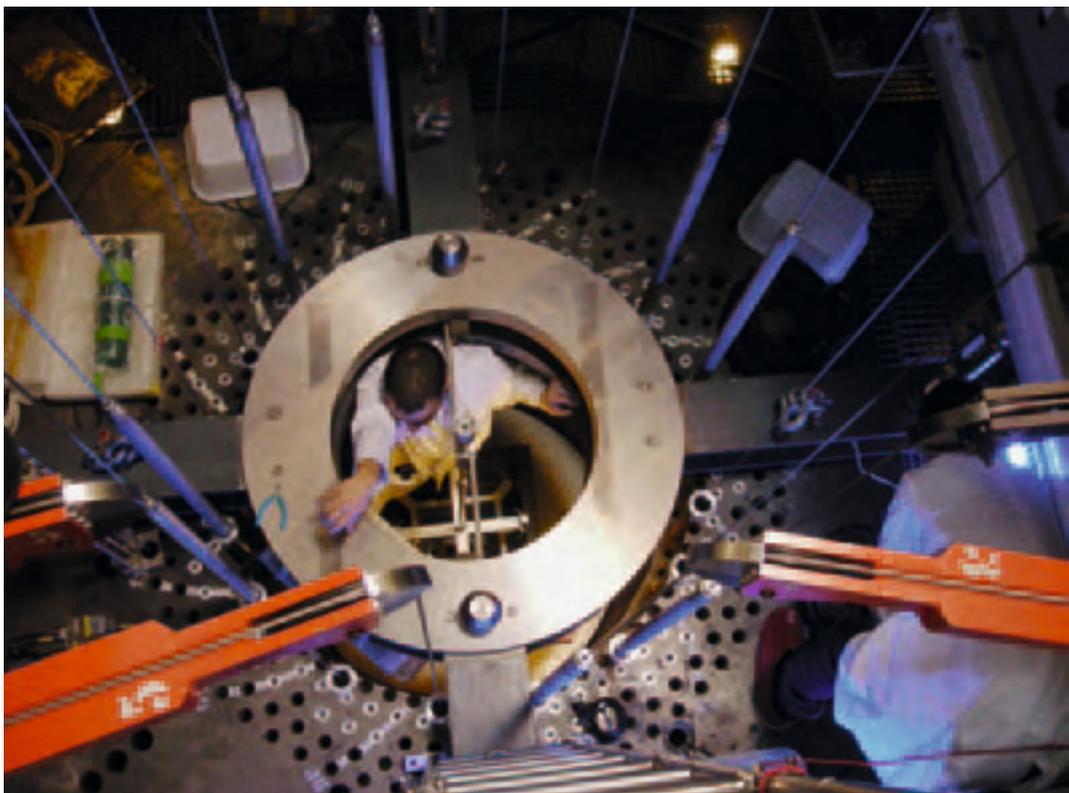
Das ENSI inspizierte die vorgeschriebenen Prüfungen des Reaktorschutzes. Die Tests verliefen nach Vorschrift. Die Fallzeiten der Sicherheits- und Abschaltstäbe lagen innerhalb der geforderten Toleranzen, und die Dokumentation im Reaktorjournal entsprach den Vorgaben.

6.3 Hotlabor

Im Hotlabor werden hochradioaktive Substanzen gehandhabt. Das *Forschungslabor für nukleare Materialien* untersucht u.a. in Reaktoren oder Beschleunigern stark bestrahlte Werkstoffe und Kernbrennstoffe mit unterschiedlichen makro- und mikroskopischen Methoden. Betreiberin des Hotlabors ist die *Abteilung Hotlabor (AHL)*. Alle Nutzer des Hotlabors sind in sicherheitstechnischer Sicht dem Anlagenleiter AHL unterstellt. Die Kollektivdosis der im Hotlabor beschäftigten 35 Personen betrug 4,8 Pers.-mSv, die höchste Individualdosis 0,9 mSv.

In Bereichen des Hotlabors erfolgt die Konditionierung bestimmter Abfälle aus dem Betrieb der heissen Zellen. Für ein dafür vorgesehenes, verbessertes Konditionierungsverfahren ersuchte das

Arbeiten im
Forschungsreaktor
PROTEUS.
Foto: PSI





Blick ins Hotlabor.
Foto: PSI

PSI um die Genehmigung einer Typenprüfung gemäss Richtlinie B05. Das ENSI hat zur Bewirtschaftung der flüssigen radioaktiven Rohabfälle, welche nach dem neuen Verfahren verfestigt werden sollen, eine Inspektion durchgeführt und Verbesserungsbedarf festgestellt. Nach Vorlage weiterer Unterlagen durch das PSI wird das ENSI das Gesuch abschliessend bewerten.

Das ENSI hat das Abwassersystem inspiziert. Das überarbeitete Konzept für die Sanierung der Abwassertanks sieht neu einen Ersatz der Tanks vor. Die Umsetzung ist aus Kapazitätsgründen zurückgestellt zu Gunsten der Nachrüstung des Aktivabwassersystems mit einem Separator zur Entsorgung der Schlämme aus dem Rückhaltebecken.

Das PSI hat für die im Vorjahr erwähnten Verbesserungen bei Strahlenmessgeräten ein Konzept mit Terminplan erarbeitet. Im Hotlabor ist 2009 im Rahmen des Konjunkturstützungsprogramms der Ersatz der elektrischen Hauptverteilung und der Versorgungsleitungen begonnen und abgeschlossen worden.

6.4 Stillgelegte oder im Rückbau stehende Kernanlagen

Beim stillgelegten Forschungsreaktor SAPHIR wurde das Reaktorbecken und die biologische Abschirmung vollständig abgebrochen und entsorgt. Seit Anfang 2009 ruhen die Rückbauarbeiten, weil der Rückbau des Gebäudes, gemäss der Planung

der Stilllegungsbewilligung, bis zur vollständigen Entleerung des Kernbrennstofflagers zurückgestellt ist. Die darin eingelagerten Brennstoffplatten des vor Jahren an der Universität Genf stillgelegten Forschungsreaktors sind im Berichtsjahr für den nächsten Bearbeitungsschritt im Prozess der beabsichtigten Wiederverwertung oder Entsorgung ins Ausland transportiert worden. Der Rücktransport der bei der Verbrennung angefallenen, kernbrennstoffhaltigen Reststoffe war Ende des Berichtsjahrs abgeschlossen.

Die Rückbauarbeiten an der biologischen Abschirmung des Reaktors DIORIT sind gegen Ende des Berichtsjahrs wieder aufgenommen worden. Es wurden 6 Container mit radioaktiven Rückbauabfällen aus dem SAPHIR und DIORIT tiefenlagerfähig konditioniert und ins Bundeszwischenlager transportiert.

Der Betrieb der ehemaligen Versuchsverbrennungsanlage des PSI wurde Ende 2002 eingestellt. Die Überwachung der abgestellten Kernanlage erfolgt routinemässig durch die Sektion Rückbau und Entsorgung.

6.5 Behandlung radioaktiver Abfälle

Das PSI ist die Sammelstelle des Bundes für radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF-Abfälle).

Ebenfalls im Eigentum des Bundes sind die im PSI anfallenden radioaktiven Abfälle aus den An-



Blick in die
Versuchsanlage PANDA.
Foto: PSI

wendungen radioaktiver Isotope in Forschungsprojekten, insbesondere bei Brennstoffuntersuchungen, aus den Beschleunigeranlagen, aus dem Rückbau von Forschungsanlagen sowie aus dem Betrieb der nuklearen Infrastruktur. Dazu gehören z.B. LüftungsfILTER und Abfälle aus der Abwasserbehandlung. Alle genannten Abfälle sind sowohl chemisch als auch physikalisch unterschiedlich, so dass vor ihrer Endkonditionierung oft eine Triage und Vorbehandlungen notwendig sind. Zudem ergeben sich unterschiedliche Konditionierungs- und Verpackungskonzepte, was ein im Vergleich zur Behandlung von Abfällen aus den Kernkraftwerken umfangreicheres und häufig änderndes Spektrum an Abfallgebindetypen bedingt.

Im Jahr 2009 wurden insgesamt 73 m³ MIF-Abfälle bei der Bundessammelstelle angeliefert, wovon 21,5 m³ aus dem Aufsichtsbereich des Bundesamts für Gesundheit (BAG) und der Suva sowie 51,2 m³ aus dem PSI stammen. Unter den 21,5 m³ von externen Stellen angelieferten MIF-Abfällen befanden sich 50 ausserhalb des Aufsichtsbereichs des ENSI vorkonditionierte Stahlzylinder (0,46 m³), deren Übertritt vorgängig durch das ENSI auf Basis der Richtlinie B05 genehmigt worden war.

Neben der Konditionierung am PSI wurden 12 Fässer à 200 l mit Rohabfällen zur Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG vorbereitet. In der Berichtsperiode hat das PSI ca. 900 l kontaminiertes Altöl zur Verbrennung in der Plasma-Anlage an die ZWILAG übergeben.

Im Berichtsjahr hat das PSI 10 Beton-Kleincontainer vom Typ KC-T12, entsprechend einem Bruttovolumen von insgesamt 45 m³, mit Stilllegungsabfällen der Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT sowie mit Beschleunigerabfällen aus dem PSI-West endkonditioniert. Ausserdem wurde Sperrgut aus dem Hotlabor in einem 200-l-Fass gemäss einem bereits genehmigten Abfallgebindetyps endkonditioniert.

Die Kollektivdosis der 21 Personen, die beim Rückbau der beiden Forschungsreaktoren und der Behandlung radioaktiver Abfälle beteiligt waren, betrug 3,9 Pers.-mSv, die höchste Individualdosis 1,1 mSv.

Im Berichtsjahr wurde mit 16,76 t im Vergleich zu den beiden vorangehenden Jahren nochmals deutlich weniger Material gemäss der Richtlinie B04 freigemessen. Dies resultiert aus dem abgeschlossenen Rückbau des Forschungsreaktors SAPHIR und den verzögerten Rückbauarbeiten im Forschungsreaktor DIORIT. Weitere Gründe für die Abnahme des freigemessenen Materials sind der Abschluss der Sanierung der Lagerhallen für radioaktive Abfälle und der Lüftungsanlagen des Hotlabors. Bei Inspektion der Freimessung stellte das ENSI Normalität fest.

Mit einer Ausnahme (Verbesserungsbedarf) ergaben alle Bewertungen bei den weiteren Inspektionen zur Abfallbehandlung Normalität.

In den Anlagen der ZWILAG führte Fachpersonal des PSI die Endkonditionierung des Flüssigmetall-Targets MEGAPIE aus den Beschleunigeranlagen des PSI-West durch. Die Konditionierung verlief planmässig und war Ende des Berichtsjahrs weitgehend abgeschlossen.

6.6 Lagerung radioaktiver Abfälle

Im Bundeszwischenlager (BZL) werden vorwiegend 200-Liter-Fässer und Kleincontainer bis 4,5 m³ mit konditionierten Abfällen eingelagert. Fallweise werden auch unkonditionierte Komponenten in Kleincontainern temporär aufbewahrt. Das ENSI stimmt dieser Aufbewahrung zu, sofern dies dem Optimierungsgebot nach Artikel 6 der Strahlenschutzverordnung entspricht.

Der für 200-Liter-Fässer vorgesehene Raum war Ende 2009 – wie im Vorjahr – zu 82 % gefüllt. Das Inventar nicht endkonditionierter Beton-Kleincontainer mit Stilllegungsabfällen des PSI nahm um 3 Stück ab, insgesamt wurden jedoch 10 endkonditionierte neu eingelagert. Zudem erteilte das

ENSI eine Freigabe zum Einstellen von 2 weiteren Beton-Kleincontainer zwecks temporärer Aufbewahrung vorkonditionierter Stahlzylinder aus den MIF-Sammelaktionen. Die Anzahl der im BZL aufbewahrten Stahlzylinder nahm im Berichtsjahr um 100 auf 2066 Zylinder zu.

In weiteren Hallen lagern entsprechend den betrieblichen Erfordernissen sowohl unkonditionierte als auch konditionierte Abfälle. Das PSI setzt das gleiche elektronische Buchführungssystem wie die Kernkraftwerke ein, so dass die Information über Mengen, Lagerort und radiologische Eigenschaften der radioaktiven Abfälle jederzeit verfügbar ist.

Im Rahmen seiner Jahresinspektion in den Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (AERA) des PSI hat das ENSI die Lager für radioaktive Abfälle sowie die Abfallbehandlungsanlagen inspiziert. Dabei hat das ENSI den Schwerpunkt auf die Bestandsaufnahme der gelagerten radioaktiven Abfall-Schlämme gelegt und die Strahlenschutzinfrastruktur überprüft. Bei allen bewerteten Aspekten stellte das ENSI Normalität fest.

Gegen Ende der Berichtsperiode hat das PSI dem ENSI Korrosionsschäden an 13 im BZL eingelagerten endkonditionierten Abfallgebinden (200-l-Fässer) ohne Aktivitätsaustritt als Vorkommnis gemäss Richtlinie B03 gemeldet.

6.7 Strahlenschutz

Im Jahr 2009 akkumulierten die 1486 beruflich strahlenexponierten Personen des PSI eine Kollektivdosis von 85,9 Pers.-mSv (2008: 136,3 Pers.-mSv). Davon stammen 11,7 Pers.-mSv aus dem Aufsichtsbereich des ENSI (2008: 25,4 Pers.-mSv); die höchste Individualdosis betrug 3,3 mSv. Detaillierte Angaben zu den Personendosen sind im Strahlenschutzbericht des ENSI zu finden.

Das ENSI hat in vierteljährlich stattfindenden Inspektionen Abwasserproben erhoben und bei der gamma-spektrometrischen Auswertung Übereinstimmung mit dem PSI festgestellt. Aus den bilanzierten Abgaben radioaktiver Stoffe über die Fortluftanlagen und über das Abwassersystem wurde unter konservativen Annahmen für den ungünstigsten Aufenthaltsort ausserhalb des überwachten PSI-Areals eine Personendosis von rund 0,005 mSv/Jahr berechnet. Diese Dosis liegt deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv/Jahr gemäss PSI-Abgabereglement.

6.8 Notfallbereitschaft

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

Das ENSI hat im September 2009 an der Institutsnotfallübung FLUGSHOW zusammen mit dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) die Notfallorganisation des PSI beobachtet und beurteilt. Bei der Übung wurde folgendes Szenario unterstellt: Im Rahmen eines Jubiläums führte eine Flugstaffel eine Flugshow über Brugg vor. Nach einem Fehlanlass stürzte eines der Militärflugzeuge in das Bundeszwischenlager ab. Mitarbeitende wurden durch Trümmerteile schwer verletzt und teilweise kontaminiert. Die Sicherheitszentrale orientierte nach vorgegebenem Schema «Schneller Störfall» alle zu alarmierenden Stellen korrekt.

Aufgrund ihrer Übungsbeobachtungen identifizierten die beiden Aufsichtsbehörden Verbesserungsbedarf bei der Stabsarbeit des Notfallstabs. Zudem wird die Schaffung einer umfassenden Dokumentation der Nuklearanlagen des PSI für die Beherrschung von Notfällen gefordert. Das ENSI und das BAG kamen zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie B11 erreicht wurden. Das PSI verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

6.9 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr bestand ein Reaktoroperator-Anwärter des PROTEUS die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der Technikerschule des PSI. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperator. Nach seiner anlagespezifischen und praktischen Ausbildung legte er die Zulassungsprüfung zum Reaktoroperator im Beisein des ENSI mit Erfolg ab. Die Prüfung bestand aus einem theoretischen Teil über anlagespezifische Kenntnisse. Seine praktischen Fähigkeiten demonstrierte er durch Kritischfahren des Reaktors.

Im Weiteren legten zwei Mitarbeiter des PSI die Zulassungsprüfung zum Reaktorphysiker für den Forschungsreaktor PROTEUS mit Erfolg ab. Die Kandidaten haben einen Hochschulabschluss als

Physiker und wurden am Forschungsreaktor ausgebildet. Die Prüfung bestand aus einem theoretischen Teil über anlagespezifische Kenntnisse, einem praktischen Teil durch Kritischfahren des Reaktors sowie im Einsatz als Notfalleiter bei einer Notfallübung.

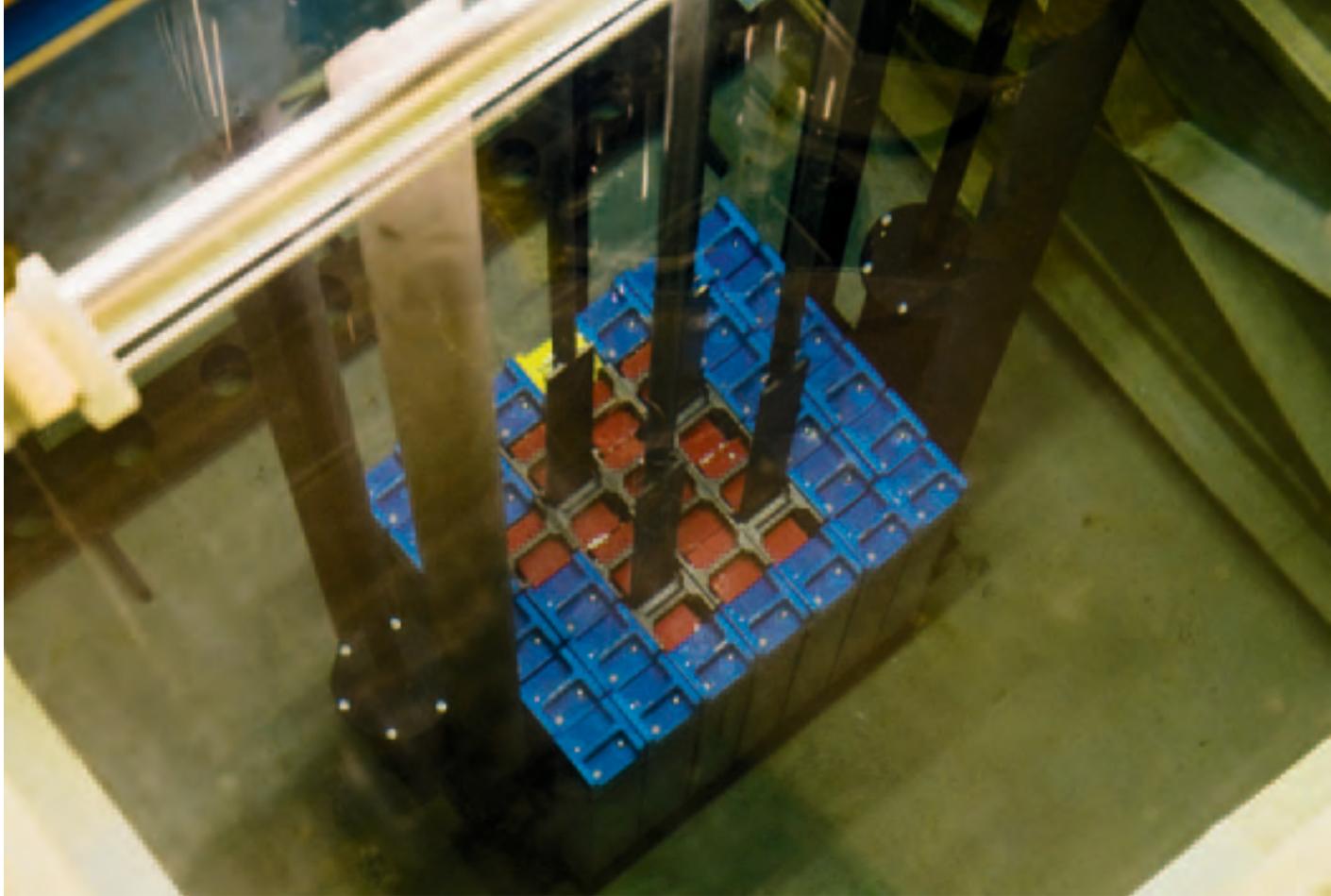
6.10 Strahlenschutz-Schule

Im Berichtsjahr wurde neben zahlreichen Kursen im Bereich Medizin und Forschung auch der vom ENSI anerkannte Ausbildungskurs zur Strahlenschutz-Fachkraft durchgeführt. Dieser mit 14 Wochen längste Kurs wurde von 18 Teilnehmenden, so vielen wie noch nie, besucht. Davon stammten vier aus dem PSI, sieben aus den schweizerischen Kernkraftwerken und sechs aus Dienstleistungsunternehmen. Eine Person nahm privat am Kurs teil. Das ENSI hat die Qualität des Unterrichts beurteilt, die Prüfungen beaufsichtigt und der Schule ein hohes Niveau der Lehrveranstaltungen attestiert.

6.11 Gesamtbeurteilung

Die nukleare Sicherheit im PSI war sowohl in Bezug auf die Auslegung der Kernanlagen als auch auf das Betriebsgeschehen gut. Die Betriebsstörungen und Befunde waren für das Personal und die Kernanlagen von geringer sicherheitstechnischer Bedeutung. Die Experimente am Forschungsreaktor PROTEUS und der Betrieb des Hotlabors verliefen störungsfrei. Das PSI hat die Projekte zur Behandlung radioaktiver flüssiger Abfälle und Schlämme im Berichtsjahr mit erhöhtem Aufwand fortgesetzt. Die Auswirkungen auf die Bevölkerung waren radiologisch unbedeutend.

Das ENSI hat bei Inspektionen festgestellt, dass das Personal der Vielfalt und Komplexität der PSI-Anlagen kompetent Rechnung trägt. Die Planung und Umsetzung neuer Projekte wird angemessen unterstützt.



Reaktorkern des
Forschungsreaktors an
der Uni Basel.
Foto: ENSI

7. Weitere Kernanlagen

7.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Die Kernanlagen der EPFL umfassen den Forschungsreaktor CROCUS, das Neutronenexperiment CARROUSEL, die Neutronenquelle LOTUS und die angegliederten Labors. Diese Anlagen sind dem Laboratoire de physique des réacteurs et de comportement des systèmes (LRS) zugeteilt, das dem Institut de physique de l'énergie et des particules (IPEP) angehört. Im Jahr 2009 stand der CROCUS-Reaktor Ingenieur- und Physikstudenten der EPFL, Kursteilnehmern der Reaktorschule des PSI sowie Studenten der Ingenieurschule Genf, Studenten des Departements für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der ETHZ und auch Studenten des Swiss Nuclear Engineering Masterkurses der ETHZ/EPFL während 174.5 Stunden bei kleiner Leistung (unter 100 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 283 Wh thermische Energie erzeugt. Das Experiment CARROUSEL wurde für Praktika verwendet. Die Neutronenquelle LOTUS war nicht in Betrieb.

Im Berichtsjahr legte eine EPFL-Mitarbeiterin die Zulassungsprüfung zum Reaktorphysiker für den Forschungsreaktor CROCUS unter behördlicher Aufsicht mit Erfolg ab. Die Kandidatin hat einen Hochschulabschluss als Physikerin und wurde am EPFL-Forschungsreaktor ausgebildet. Die Prüfung bestand aus einem theoretischen Teil über anlagenspezifische Kenntnisse, einem praktischen Teil mit Anfahren des Reaktors und einem Einsatz als Notfalleiterin im Rahmen einer Notfallübung. Alle zwei Jahre werden der Reaktorkern des CROCUS ausgebaut, die einzelnen Brennstäbe aus den vorgegebenen Positionen herausgenommen und inspiziert. Das ENSI war bei der Brennstoffinspektion im Sommer 2009 anwesend und hat sich davon überzeugt, dass der Betreiber seine Verantwortung wahrnimmt, dass die Prüfungen gemäss internen Vorschriften erfolgen und damit die Eignung des Brennstoffs für den weiteren Einsatz nachgewiesen ist.

Im Jahr 2009 traten keine meldepflichtigen Vorkommnisse von sicherheitstechnischer Bedeutung gemäss Richtlinie B03 auf. Die Dosen des Perso-

nals lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend. Anlässlich einer Inspektion im September 2009 stellte das ENSI fest, dass sich die Anlagen in einem ordentlichen, sauberen und sicherheitstechnisch einwandfreien Zustand befinden und die Vorschriften betreffend Strahlenschutz für das Personal und die Umwelt eingehalten werden.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Betriebsbedingungen im Jahr 2009 eingehalten wurden. Es hat in den Kernanlagen der EPFL eine gute Betriebssicherheit festgestellt.

7.2 Universität Basel

Der Forschungsreaktor AGN-211-P der Universität Basel dient vorwiegend der Ausbildung von Studenten und der Neutronenaktivierungsanalytik.

Die Nutzung des Reaktors hat sich gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Im Berichtsjahr betrug die produzierte Energie 36.9 kWh (2008: 23,8 kWh 2007: 36,9 kWh; 2006: 36,6 kWh). Neben der Nutzung durch das Kantonale Laboratorium Basel-Stadt zur Qualitätsprüfung von Lebensmitteln wurden im Jahr 2009 in zwei Kursen Studenten in der Neutronenaktivierungsanalytik ausgebildet und eine Maturarbeit durchgeführt. Die PSI-Reaktorschule nutzte die Anlage im Rahmen ihres erweiterten Ausbildungsprogramms an zwei mehrtägigen Praktika. Zudem wurden bei Strahlenschutzausbildungen Bestrahlungen und radiologische Messungen durchgeführt.

Der Reaktorbetrieb erfolgte im Kalenderjahr 2009 störungsfrei bei einer thermischen Leistung von rund 1 kW. Es wurden zwei umfassende Kontrol-

len des Reaktorschutzes durchgeführt und einmal die Reaktorwasseraktivität überprüft. Dabei wurden keine Abweichungen von den Vorgaben festgestellt. Die Individualdosen sowie die Kollektivdosen des im Reaktor tätigen Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgaben radioaktiver Stoffe über den Luft- und den Abwasserpfad waren unbedeutend.

Im Berichtsjahr wurden drei Reparaturarbeiten durchgeführt. Im April 2009 wurde der Wasserkasten, welcher als Ausgleichsbehälter für das Poolwasser dient, ausgebaut, gereinigt und neu abgedichtet, nachdem eine Verbindung am Anschlussflansch des Anschlussrohrs gerissen war. Im Juni 2009 erfolgte eine Reparatur der Türschliessanlage, da es zu Einschränkungen beim Zutritt zum Reaktor gekommen war. Schliesslich musste im Dezember 2009 ein defekter Akkumulator in der Strahlenüberwachung ersetzt werden.

An seiner Jahresinspektion 2009 überprüfte das ENSI die technische Betriebsdokumentation anhand der Vorgaben im Anhang 3 der Kernenergieverordnung und die Dokumentation über die Kalibrier- und Funktionsprüfungen der Strahlenschutzmessmittel. An den eichfähigen Messgeräten für den operationellen Strahlenschutz wurden die Aufkleber mit den Zertifikaten verglichen. Es wurden keine Abweichungen festgestellt. Im Hinblick auf die im Jahr 2010 geplante Verabschiedung der Richtlinie G09 wurde empfohlen, die bewilligten Betriebsbedingungen aus den verschiedenen Dokumenten in eine übersichtliche Technische Spezifikation zusammenzufassen.

Das ENSI stellte fest, dass die vorgegebenen Betriebsbedingungen im Jahr 2009 eingehalten wurden. Es bescheinigt dem Forschungsreaktor der Universität Basel eine gute Betriebssicherheit.

8. Transport von radioaktiven Stoffen

8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung

Die schweizerischen Vorschriften für den Transport radioaktiver Stoffe auf Strasse und Schiene basieren u.a. auf den internationalen Regelwerken über den Transport gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR¹) bzw. mit der Eisenbahn (RID²). Bei allen Verkehrsträgern kommen die IAEA-Empfehlungen (TS-R-1³) für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe zur Anwendung. Basierend auf diesen Empfehlungen wird das internationale Transportrecht regelmässig angepasst. Im nationalen Transportrecht für Gefahrgüter der Klasse 7 (radioaktive Stoffe) gelten u.a. die SDR⁴ und die RSD⁵.

Die nach diesen Rechtsvorschriften erforderlichen Genehmigungen betreffen je nach Anwendungsfall die Versandstücke und/oder den Beförderungsvorgang. Sie bilden eine Voraussetzung für die ebenfalls erforderlichen Bewilligungen nach Kernenergie- oder Strahlenschutzgesetz (vgl. folgende Kapitel). Das ENSI ist die zuständige schweizerische Behörde für die Ausstellung von Genehmigungszeugnissen gemäss Gefahrgutgesetzgebung, und das unabhängig davon, ob es sich beim Transportgut um radioaktive Stoffe aus Kernanlagen oder aus anderen Betrieben handelt. Derzeit findet in der Schweiz keine Fertigung von zulassungspflichtigen Versandstücken statt. Die umfassende Zulassung derartiger Behältertypen im Ursprungsland ist somit nicht Aufgabe des ENSI. Dagegen ist häufig eine Anerkennung der von der zuständigen Behörde des Ursprungslandes ausgestellten Zulassung von Versandstückmustern erforderlich. Dabei prüft das ENSI die Vollständigkeit des zugehörigen Sicherheitsberichts insbesondere hinsichtlich des Nachweises, dass alle gemäss ADR/RID und TS-R-1 vorgeschriebenen Anforderungen erfüllt sind. Beförderungsgenehmigungen sind in bestimmten Fällen erforderlich, vor allem wenn die Beförderung aufgrund einer Sondervereinbarung erfolgt. In solchen Fällen müssen für den Transport spezielle Massnahmen durch das ENSI festgelegt werden. Zudem wird anhand der eingereichten Dokumente jeweils geprüft, dass Verpackung und Inhalt den Vorschriften entsprechen.

Im Berichtsjahr hat das ENSI 12 Gesuche nach Gefahrgutgesetzgebung beurteilt und die entsprechende Genehmigung ausgestellt. Davon betrafen 10 Gesuche die Anerkennung der Zulassung von Versandstückmustern und zwei bezogen sich auf die Transportdurchführung.

8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung

Gemäss Artikel 2 des Strahlenschutzgesetzes sind das Transportieren sowie die Ein- und Ausfuhr von radioaktiven Stoffen bewilligungspflichtige Tätigkeiten. Die Voraussetzungen für die Erlangung solcher Bewilligungen sind im Strahlenschutzgesetz (StSG) und in der Strahlenschutzverordnung (StSV) festgehalten. Derartige Bewilligungen sind über einen längeren Zeitraum befristet und hinsichtlich der Anzahl Transporte üblicherweise nicht begrenzt. Allerdings verlangt die Strahlenschutzverordnung jeweils eine separate Bewilligung, falls bei einem einzelnen Vorgang eine bestimmte Aktivitätsmenge überschritten wird. Im Bereich der Kernanlagen ist das ENSI die zuständige Behörde, für den sonstigen Bereich ist das BAG zuständig. Beide Behörden haben im Berichtsjahr ein vereinfachtes Bearbeitungsverfahren abgestimmt für den Fall, dass ein Gesuchsteller bereits in Besitz einer entsprechenden Bewilligung aus dem anderen Zuständigkeitsbereich ist.

Im Berichtsjahr hat das ENSI 11 Bewilligungen einschliesslich der oben beschriebenen Einzelgenehmigungen erteilt.

8.3 Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung

Nach den Artikeln 6 und 34 des Kernenergiegesetzes (KEG) bedarf der Umgang mit Kernmaterialien und radioaktiven Abfällen aus Kernanlagen einer Bewilligung des Bundes. Artikel 3 des KEG präzisiert den Begriff «Umgang» als Forschung, Entwicklung, Herstellung, Transport, Einfuhr, Ausfuhr, Durchfuhr und Vermittlung. Zuständig für die Erteilung solcher Bewilligungen ist das BFE. Im Hinblick auf die kernenergierechtliche Bewilligung von Transporten prüft jeweils das ENSI als Fachbe-

¹ Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse

² Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter

³ IAEA Safety Standards Series: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2009 Edition, Safety Requirements TS-R-1

⁴ Verordnung vom 29. November 2002 über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SR 741.621)

⁵ Verordnung vom 3. Dezember 1996 über die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn (SR 742.401.6)

hörde, dass die nukleare Sicherheit und Sicherung gewährleistet ist und die Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter erfüllt sind. Das BFE erteilt die Bewilligung erst aufgrund einer zustimmenden Beurteilung durch das ENSI.

Im Berichtsjahr hat das ENSI 18 Beurteilungen für kernenergierechtliche Transportbewilligungen abgegeben. Diese verteilten sich zu etwa gleichen Teilen auf Transporte von Kernmaterial und solche von Abfällen. Bei den Kernmaterialien handelte es sich um die Versorgung der Werke mit frischen Brennelementen, den Transport abgebrannter Brennelemente des KKL und des stillgelegten Reaktors der Universität Genf und einige Transporte von Proben bzw. einzelnen Brennstäben zu Untersuchungen im PSI bzw. in ausländischen Laboratorien.

8.4 Transport bestrahlter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle

Aufgrund des zehnjährigen Moratoriums finden bis 2016 keine Transporte bestrahlter Brennelemente ins Ausland statt. In der Schweiz wurden bestrahlte Brennelemente vom KKL in zwei T/L-Behältern mit jeweils 69 Brennelementen zum ZZL transportiert. Weiterhin wurden die Brennstoffplatten aus dem stillgelegten Reaktor der Universität Genf von ihrem derzeitigen Lagerort am PSI zum Institut für Radiochemie der TU München transportiert. Dort wurde das Material mit einem chemischen Verfahren gereinigt mit dem Ziel, dieses einer Wiederverwertung zuzuführen. Diese Reinigung war nicht erfolgreich, so dass das Material wieder zum PSI zurückgeführt werden muss. Bei allen durchgeführten Transporten wurden die gefahrgutrechtlichen Grenzwerte und die Strahlenschutzvorgaben eingehalten.

8.5 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern

Das bewilligte Konzept der Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und von Glaskokillen bezweckt, diese Abfälle in störfallsicheren Transport- und Lagerbehältern (TL-Behältern) einzuschliessen, deren Dichtheit im Zwischenlager kontinuierlich überwacht wird. Diese Behälter werden von den Kernkraftwerken bzw. von den Wiederaufarbeitungsanlagen zum jeweiligen Zwischen-

lager transportiert, dort in der Behälterlagerhalle abgestellt und an das Überwachungssystem angeschlossen. Die TL-Behälter müssen die Sicherheit für den gesamten Zeitraum der Zwischenlagerung gewährleisten, weshalb hierfür gegenüber einem reinen Transportbehälter nochmals erhöhte Anforderungen zu erfüllen sind. Die Anforderungen und Verfahren hierzu regelt die Richtlinie G05. Mit dieser Richtlinie sind nicht nur die Anforderungen an die TL-Behälter spezifiziert, sondern auch die Anforderungen an die Behälterfertigung, wie etwa Qualitätsanforderungen, begleitende Kontrollen oder Behälterdokumentation. Bei der Fertigung derartiger Behälter sind festgelegte und vom ENSI freigegebene Abläufe einzuhalten, was im Auftrag des ENSI von unabhängigen Experten kontrolliert wird. Für jedes einzelne Behälterexemplar bestätigt das ENSI schliesslich den qualitätsgerechten Abschluss der Fertigung durch seine Freigabe zur Verwendung.

Ende 2009 befanden sich 25 Behälter in den verschiedenen Fertigungsphasen, von der Fertigungsvorbereitung bis zur Prüfung der Gesamtdokumentation nach Fertigungsabschluss. Sieben Brennelementbehälter und vier Behälter für hochaktive verglaste Abfälle wurden Kontrollen unterzogen. In Einzelfällen ergaben sich Beanstandungen, die in allen Fällen vom Hersteller korrigiert wurden oder nach eingehender Prüfung als nicht sicherheitsrelevant und damit als akzeptabel qualifiziert wurden. Alle Kontrollen wurden rechtzeitig vor Belade- und Einlagerungskampagnen abgeschlossen. Die erforderliche Einlagerungsfreigabe wurde seitens des ENSI für drei Behälter zur Aufnahme von abgebrannten Brennelementen ausgestellt.

Zurzeit befinden sich 2 neue Behältertypen im Zulassungsverfahren nach der Richtlinie G05. Aufgrund des innovativen Charakters dieser Behältertypen und des daraus folgenden Prüfumfanges werden diese Verfahren als Projekte auch unter Beizug externer Experten abgewickelt. In einem Fall handelt es sich um ein grundsätzlich neuartiges Behälterkonzept, das noch experimentelle Erprobungen zur Bestätigung der rechnerischen Nachweise erfordert.

8.6 Inspektionen und Audits

Bei der Beförderung radioaktiver Stoffe müssen zur Sicherheit des Transportpersonals und der Bevölkerung die Strahlenschutz- und Transportvorschriften eingehalten werden. Die Qualitätssiche-

rungsprogramme der Konstrukteure und Hersteller von Verpackungen sowie jene der Spediteure, Absender, Beförderer und Empfänger von radioaktiven Stoffen müssen die Einhaltung der Vorschriften gewährleisten. Im Rahmen der in den Kapiteln 8.1, 8.2, und 8.3 beschriebenen Bewilligungsverfahren wird dies vom ENSI überprüft. Zudem prüft das ENSI im Rahmen seiner Inspektionen regelmässig übergeordnete organisatorische Aspekte, die als gute Indikatoren für ein «gelebtes» Qualitätsbewusstsein dienen.

Das ENSI führte im Jahr 2009 in seinem Aufsichtsbereich 15 Transportinspektionen durch. Betroffen waren frische und bestrahlte Brennelemente, radioaktive Abfälle sowie sonstige radioaktive Stoffe (Proben, Quellen, Werkzeuge, etc.).

Die Grenzwerte für Kontamination und Dosisleistung wurden eingehalten. Alle Vorschriften bezüglich Sicherheit und Strahlenschutz des Personals, der Bevölkerung und der Umwelt wurden stets respektiert. Ebenfalls konnten keine Abweichungen von nicht unmittelbar sicherheitsrelevanten formalen Aspekten (z.B. Einhaltung von Meldefristen, Kennzeichnung von Versandstücken) festgestellt werden. Auch gab es anders als in den Vorjahren keine Veranlassung, wegen Abweichungen bei ausländischen Beteiligten Kontakt mit Aufsichtsbehörden anderer Länder aufzunehmen. Das Fehlen von Befunden bei gleichbleibend hoher Inspektionsdichte belegt die Sorgfalt und Professionalität der beteiligten Akteure im Aufsichtsbereich des ENSI.

9. Neue Kernkraftwerke

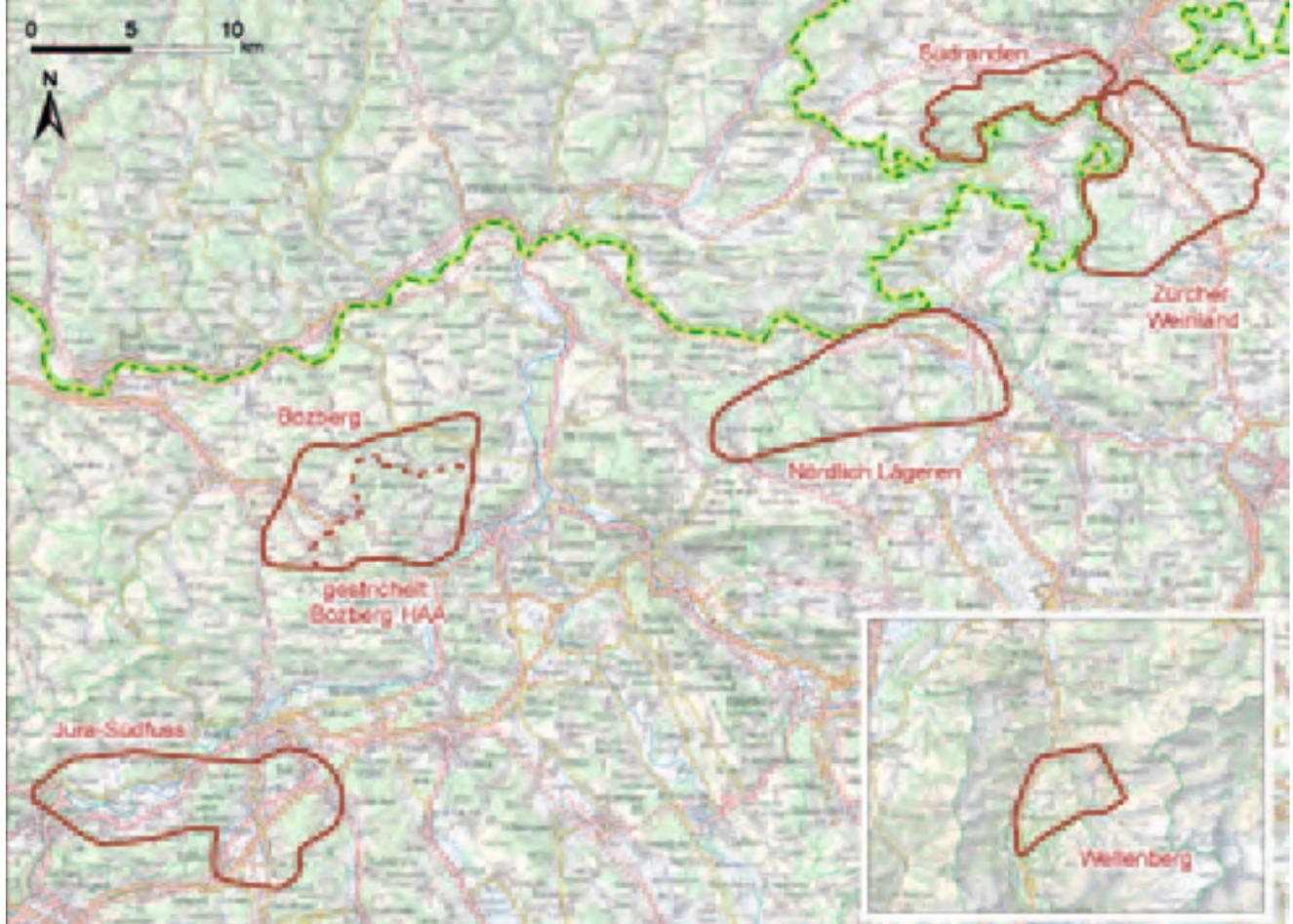
Im Laufe des Jahres 2008 wurden dem Bundesamt für Energie (BFE) drei Gesuche um Erteilung von Rahmenbewilligungen für den Bau und Betrieb von Ersatz-Kernkraftwerken an den Standorten Beznau (AG) und Mühleberg (BE) sowie eines Kernkraftwerks am Standort Niederramt (SO) eingereicht. Gesuchsteller sind die Standortgesellschaften Ersatz Kernkraftwerk Beznau AG, Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG, beides Partnergesellschaften der Axpo Holding AG und der BKW FMB Energie AG, sowie die Kernkraftwerk Niederramt AG der Alpiq Holding AG. Das BFE als Leitbehörde des Rahmenbewilligungsverfahrens hat das ENSI beauftragt, je ein Gutachten zu den drei Gesuchen zu verfassen. Begutachtet werden vom ENSI jeweils der Sicherheitsbericht, der Sicherheitsbericht, das Stilllegungskonzept und der Nachweis der Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle, die Teil der Gesuchsunterlagen sind. In einem ersten Schritt hat das ENSI bis April 2009 diese Unterlagen einer formellen und inhaltlichen Grobprüfung unterzogen. Ziel der Grobprüfung war es, die inhaltliche Vollständigkeit der für die Beurteilung relevanten Themen sicherzustellen. Daraufhin stellten die Projektanten ihre überarbeiteten und ergänzten Gesuchsunterlagen dem BFE Ende Oktober 2009 zu.

Inhaltlicher Schwerpunkt der Begutachtung durch das ENSI sind die Standorteigenschaften und das damit verbundene Gefährdungspotenzial. Die Gesuchsteller haben die vorgeschlagenen Standorte insbesondere hinsichtlich einer potenziellen Gefährdung durch externe Störfälle wie Erdbeben, Überflutung, Flugzeugabsturz, extreme Wetterbedingungen, Blitzschlag, Explosionen und Brand untersucht. Um diese Gefährdungen und deren Auswirkungen ermitteln zu können, wurden die Standortbedingungen hinsichtlich Geologie und Seismik, Meteorologie und Klima, Oberflächenwasser und Grundwasser sowie hinsichtlich benachbarter Industrieanlagen und Verkehrswege analysiert. Zusätzlich wurden von den Projektanten u.a. Geografie und Bevölkerungsverteilung, Baugrundeigenschaften, Netzeigenschaften und Netzanbindung, der Schutz vor unbefugten Einwirkungen und die voraussichtliche Strahlenex-

position in der Umgebung der zu bauenden Anlage betrachtet. Die Ergebnisse dieser Analysen wurden in den jeweiligen Gesuchsunterlagen dargelegt, wie auch die erforderlichen Angaben zu den Grundzügen des Projekts (Reaktorsystem, Leistungsklasse, Hauptkühlsystem, Grösse und Lage der wichtigsten Bauten) sowie Angaben zu Qualitätsmanagement, Personal und Organisation.

Das ENSI überprüft die Angaben der Gesuchsteller unter Beizug externer Experten und beurteilt, ob die im Rahmenbewilligungsverfahren erforderlichen Inhalte vollständig und korrekt vorhanden sind, ob sie den Bestimmungen des Kernenergiegesetzes, der Kernenergieverordnung und den Anforderungen des Regelwerks der nuklearen Aufsichtsbehörde sowie internationalen Empfehlungen und Grundsätzen, wie sie beispielsweise die IAEA vorgibt, entsprechen. Das ENSI beurteilt dabei auch, ob die von den Gesuchstellern verwendeten Methoden und Daten dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik genügen. Die Ergebnisse der Überprüfung der Gesuchsunterlagen durch das ENSI werden in Gutachten dargelegt. Dabei werden die Angaben der Projektanten hinsichtlich der oben erwähnten Grundlagen bewertet. Bei Sachverhalten, die nach Einschätzung des ENSI nicht in ausreichendem Mass abgeklärt wurden oder die eine genügend belastbare Beurteilung der Standorteignung noch nicht erlauben, formuliert das ENSI Vorschläge für Auflagen zuhanden der Bewilligungsbehörde. Der Bundesrat entscheidet dann über die Erteilung der Rahmenbewilligungen unter Berücksichtigung allfälliger Auflagen. Der Bundesratsentscheid muss anschliessend der Bundesversammlung zur Genehmigung unterbreitet werden. Der Beschluss der Bundesversammlung über die Genehmigung einer Rahmenbewilligung untersteht schliesslich dem fakultativen Referendum.

Zur Rolle des ENSI im Rahmenbewilligungsverfahren sowie zum Ablauf des gesamten Bewilligungsverfahrens hat das ENSI die Broschüre «Die Aufsicht beim Bewilligungsverfahren für neue Kernkraftwerke» erarbeitet. Diese kann beim ENSI bezogen oder auf der ENSI-Website (www.ensi.ch, Dossier Neue Kernkraftwerke) eingesehen werden.



Standorte der
geologischen Tiefenlager.
Foto: ENSI

10. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle

Gemäss Kernenergiegesetz besteht die Verpflichtung der Abfallverursacher, die anfallenden radioaktiven Abfälle sicher zu entsorgen. Die radioaktiven Abfälle sind in geologische Tiefenlager zu verbringen. Im Auftrag der Abfallverursacher ist die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) für die wissenschaftliche und technische Vorbereitung dieser Aufgabe, insbesondere für die Entwicklung von Projekten zur Tiefenlagerung und die entsprechende Standortsuche, verantwortlich. Das Entsorgungskonzept der Nagra umfasst zwei Tiefenlager, eines für schwach- und mittelaktive Abfälle und eines für hochaktive Abfälle. Die Standortsuche für die benötigten Tiefenlager erfolgt durch das im Sachplan geologische Tiefenlager definierte Verfahren (Kap. 10.1). Die für die Tiefenlagerung notwendigen Daten werden teilweise in Felslaboratorien ermittelt (Kap. 10.2). Das international vorhandene Wissen zu Tiefenlager-relevanten Prozessen wird durch

die Mitarbeit in internationalen Programmen zur Verfügung gestellt (Kap. 10.3). In einem Projekt zum Thema Abfallbewirtschaftung wurden Fragen der Abfallvermeidung, zu alternativen Abfallkonditionierungen und Vermeidung von Korrosionsgasen untersucht. Nachfolgend wird der Stand der Arbeiten zur geologischen Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle dargelegt.

10.1 Sachplan geologische Tiefenlager

Gemäss Kernenergieverordnung legt der Bund die Ziele und Vorgaben für die Lagerung der radioaktiven Abfälle in geologischen Tiefenlagern in einem Sachplan geologische Tiefenlager verbindlich fest. Dieser wurde im April 2008 in einem Konzeptteil durch den Bundesrat genehmigt. In diesem Konzeptteil wird insbesondere das Vorgehen bei der Standortsuche für geologische Tiefenla-

ger für radioaktive Abfälle festlegt. Sicherheit und langfristiger Schutz von Mensch und Umwelt haben dabei oberste Priorität. Das ENSI hat als Sicherheitsbehörde die im Auswahlverfahren anzuwendenden sicherheitstechnischen Kriterien festgelegt (HSK 33/001).

Gegen Ende 2008 reichte die Nagra ihren Vorschlag geologischer Standortgebiete ein. Für das SMA-Lager schlägt die Nagra sechs mögliche Standortgebiete vor, den Südranden (SH), das Zürcher Weinland (ZH), das Gebiet Nördlich Lägeren (AG und ZH), den Bözberg (AG), den Jura-Südfuss (SO) und den Wellenberg (NW). Als Wirtgesteine werden der Opalinuston (Südranden, Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren, Bözberg, Jura-Südfuss), der «Braune Dogger» (Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren), die Effinger Schichten (Jura-Südfuss) und die helvetischen Mergel (Wellenberg) vorgeschlagen. Damit werden in den Gebieten Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren und Jura-Südfuss jeweils zwei potenzielle Wirtgesteine pro Standortgebiet vorgeschlagen. Gemäss der von der Nagra gewählten Abfallzuteilung muss das Lager für hochaktive Abfälle sämtliche HAA, ATA und einige langlebige SMA aufnehmen. Die Nagra schlägt zur Lagerung dieser Abfälle als Wirtgestein nur den Opalinuston vor und sieht günstige Bedingungen für deren Lagerung in drei Standortgebieten verwirklicht. Die vorgeschlagenen Standortgebiete Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren und Bözberg decken sich grösstenteils mit den Standortgebietsvorschlägen für die Lagerung der verbleibenden SMA, so dass an diesen drei Standorten auch die Errichtung eines Kombilagers (d.h. eine Lagerung aller Abfälle am gleichen Standort) möglich erscheint.

Im Anschluss an die Veröffentlichung des Vorschlags geologischer Standortgebiete der Nagra begann das ENSI mit der Beurteilung der vorgelegten Dokumentation inklusive der nachgereichten Referenzberichte. Das ENSI hat zu dieser Beurteilung

- eigene Berechnungen durchgeführt, um die Angaben der Nagra zur Abfallzuteilung und zu den sicherheitstechnischen Anforderungen nachzuvollziehen;
- Seminare zu aktuellen wissenschaftlichen Fragen der Themengebiete *Quartäre glaziale Tiefenerosion* und *Neotektonik/Erdbeben* durchgeführt, um die Meinung breiter Fachkreise einzuholen;
- eigene Untersuchungen zur quartären Tiefenerosion und zum langfristigem Klimawandel (über 100 000 Jahre hinaus) vorgenommen bzw.

in Gang gesetzt, um zusätzliche Fragen zu klären; externe Expertinnen und Experten beigezogen, um spezifische Fragestellungen zuhanden des ENSI beurteilen zu lassen. Die Beurteilungen spezifischer Fragestellungen durch die Kommission Nukleare Entsorgung KNE und durch swiss topo (Bundesamt für Landestopografie), für die zusammen mit dem ENSI im Sachplan detaillierte Pflichtenhefte vorliegen, werden ebenfalls in das Gutachten des ENSI einfließen.

Das im Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager (SGT) festgelegte Auswahlverfahren führt zu Standorten für geologische Tiefenlager für die Abfälle aus den bestehenden und allfälligen neuen Kernkraftwerken und aus deren Stilllegung und Abbruch sowie für die Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (inkl. Stilllegung und Abbruch von Forschungsanlagen). Das ENSI erachtet die von der Nagra abgeschätzten Abfallmengen als grosszügig gewählt, aber plausibel. Der abgeschätzte Flächenbedarf von 2 bis 3 km² für das SMA-Lager und 4 bis 6 km² für das HAA-Lager ist aus Sicht des ENSI korrekt gewählt.

Sowohl der Betrachtungszeitraum für die Langzeitsicherheit als auch die quantitativen Vorgaben an die geologische Barriere wurden von der Nagra transparent und nachvollziehbar dargelegt. Die von der Nagra bezeichnete maximale Tiefenlage von 900 m unter Terrain in Tongesteinen für HAA-Lager beurteilt das ENSI in Bezug auf die bautechnischen Anforderungen als optimistisch. Der Nachweis der bautechnischen Machbarkeit mit den vorgesehenen Stützmitteln (Anker, Kopfschutz) ist nur bis in eine Tiefe von 650 m erbracht. Bei einer Lagertiefe zwischen 650 und 900 m bedarf es voraussichtlich zusätzlicher Stützmittel, deren Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit noch vertieft zu untersuchen sind.

Das ENSI stimmt der Einschätzung der Nagra zu, dass die Mindestanforderungen an die geologisch-tektonischen Grossräume in der Schweiz für SMA-Lager grundsätzlich überall erfüllt sind. In den Alpen stuft das ENSI Gebiete mit hohen Hebungs-raten (> 1 mm pro Jahr) und Gebiete mit hohen Gradienten von Hebungs-raten und erhöhter seismischer Aktivität (z. B. Wallis, St. Galler Rheintal) als ungünstig ein. Alpin überprägte tonreiche Gesteine mit stark abnehmenden Gehalten an quellfähigen Tonmineralen und damit einer verringerten Selbstabdichtung bewertet das ENSI ebenfalls als ungünstig. Das ENSI kann den Vorschlägen der Nagra bezüglich der Grossräume für das HAA-Lager vollumfänglich folgen.

Das ENSI ist mit den vorgeschlagenen vier bevorzugten Wirtgesteinen für ein SMA-Lager einverstanden. Der Opalinuston ist eine 175 Millionen Jahre alte marine Ablagerung, die wegen des hohen Gehalts an quellfähigen Tonmineralen fast undurchlässig ist. Die Tongesteinsabfolgen des «Braunen Doggers» liegen direkt über dem Opalinuston und sind wie dieser von günstigen Rahmengesteinen umgeben. Letztere sind bei den Efinger Schichten und bei den Mergel-Formationen des Helvetikums nur in sehr beschränktem Umfang vorhanden; dafür sind die Mächtigkeiten dieser beiden Wirtgesteine grösser. Alle vier bevorzugten Wirtgesteine zeichnen sich durch ein gutes bis sehr gutes Einschlussvermögen aus. Diverse weitere tonhaltige und mächtige Gesteinsabfolgen wie die Bündnerschiefer, die Flysche oder die Molasseablagerungen (Untere und Obere Süsswassermolasse) erfüllen einzelne Anforderungen an die Sicherheit und/oder die technische Machbarkeit nicht. Bündnerschiefer und Flysche enthalten oft nicht genügend quellfähige Tonminerale und sind aufgrund der Alpenfaltung stark geklüf-

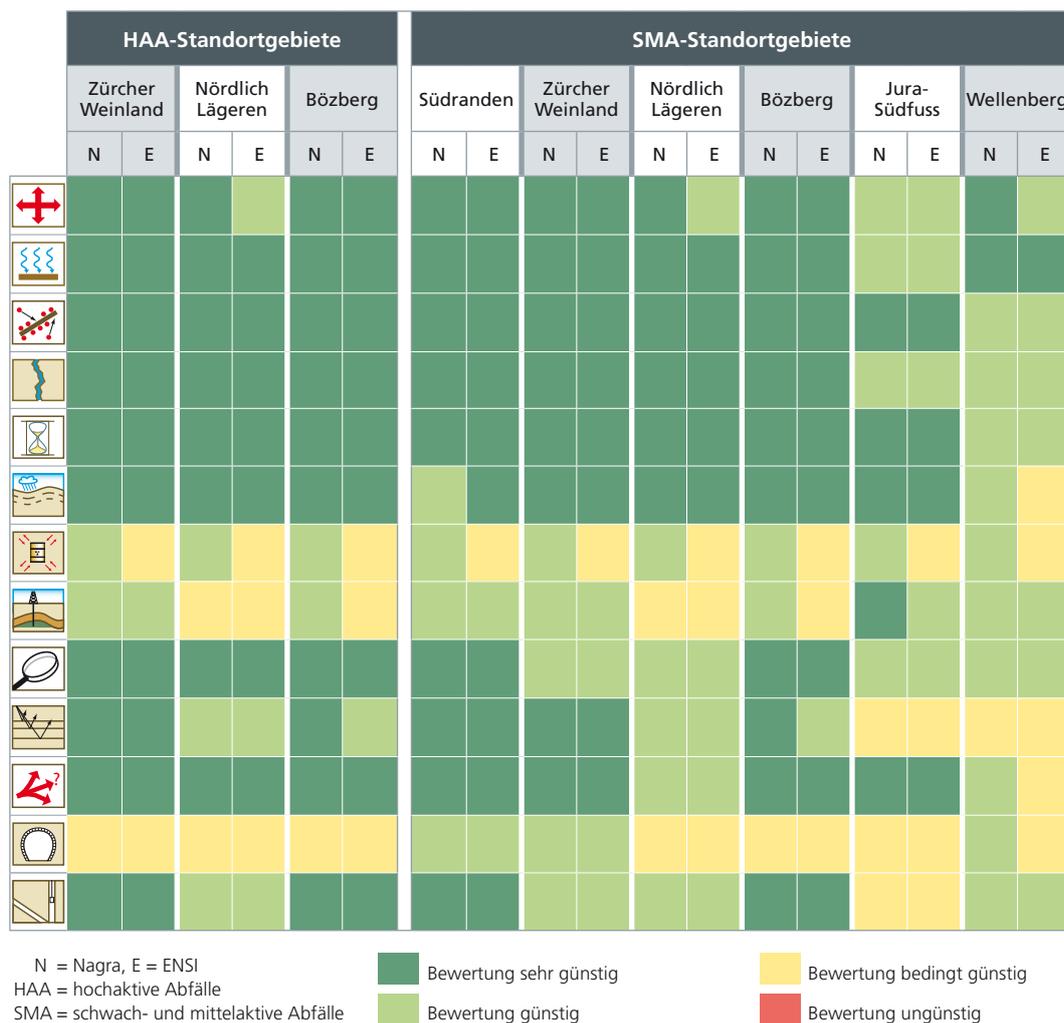
tet. Flysche und Molasseablagerungen sind mit ihren Sandsteineinschaltungen meist zu heterogen, zu durchlässig und schlecht prognostizierbar.

Das ENSI befürwortet zudem die Wahl des Opalinustons als einziges bevorzugtes Wirtgestein für das HAA-Lager. Der homogen ausgebildete, äusserst feinkörnige Opalinuston mit seinem hohen Gehalt an quellfähigen Tonmineralen weist sehr geringe hydraulische Durchlässigkeiten und ein sehr hohes Einschlussvermögen auf.

Die Herleitung der vorgeschlagenen Standortgebiete ist aus Sicht des ENSI transparent dargelegt. Die Standortgebiete wurden nach folgenden Aspekten eingegrenzt:

- erforderliche Tiefenlage
- Mächtigkeit der gewählten Wirtgesteine
- Abstand zu Störungszonen
- Abstand zu übertieften glazialen Felsrinnen
- Abstand zu Zonen neotektonischer Aktivität
- Abstand zu Bereichen mit kleinräumiger Zergliederung bzw. verminderter Standfestigkeit

Das ENSI stimmt der Bewertung der resultierenden Standortgebiete weitgehend zu. Einzelne Abwei-



chungen aufgrund geringfügig unterschiedlicher Einschätzungen wirken sich nicht auf das Gesamtergebnis aus.

Zusammenfassend beantwortet das ENSI die gemäss dem Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager zu überprüfenden Fragen wie folgt:

1. *Zuteilung der Abfälle:* Das ENSI hat die Zuteilung der Abfälle auf die beiden Lagertypen SMA und HAA mit eigenen Berechnungen geprüft und kann sie nachvollziehen. Die Zuteilung ist aus Sicht des ENSI vernünftig.
2. *Anforderungen an die Geologie und den Standort:* Die quantitativen und qualitativen Anforderungen an die geologisch-tektonische Situation, an das Wirtgestein bzw. den einschlusswirksamen Gebirgsbereich und an den Standort hat das ENSI mittels eigener Berechnungen bestätigt und erachtet sie für nachvollziehbar und plausibel.
3. *Geologische Informationen:* Die Nagra hat die geologischen Grundlagen anhand umfangreicher Literatur dokumentiert. Die Expertinnen und Experten des ENSI haben diese Grundlagen überprüft und kommen zum Schluss, dass die relevanten Informationen für das Auswahlverfahren in Etappe 1 ausreichend berücksichtigt wurden.
4. *Berücksichtigung der vorgegebenen Kriterien:* Die Nagra hat alle vorgegebenen sicherheitstechnischen Kriterien stufengerecht und korrekt angewendet.
5. *Transparenz und Nachvollziehbarkeit:* Das ENSI hat sämtliche Unterlagen der Nagra geprüft. Die Nagra hat die Erarbeitung des Vorschlags geologischer Standortgebiete entsprechend den Vorgaben des Sachplans transparent und nachvollziehbar dargelegt.
6. *Schlussfolgerung:* Das ENSI stimmt den von der Nagra vorgeschlagenen geologischen Standortgebieten für das SMA-Lager (Südranden, Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren, Bözberg, Jura-Südfuss und Wellenberg) und für das HAA-Lager (Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren und Bözberg) aus der Sicht von Sicherheit und technischer Machbarkeit zu.

Parallel zur Beurteilung der Unterlagen der Nagra zur Etappe 1 des Sachplans geologische Tiefenlager hat das ENSI die Anforderungen an die provisorische Sicherheitsanalyse und den sicherheitstechnischen Vergleich für die Etappe 2 definiert. Auf der Basis dieser Anforderungen wird die Nagra vorgängig zu Etappe 2 dem ENSI einen Bericht einreichen und darlegen, wie und allenfalls mit wel-

chen zusätzlichen Datenerhebungen sie die für die provisorische Sicherheitsanalyse notwendigen Datengrundlagen erreichen will.

Nach dem früheren Vorbild des Technischen Forums zum Entsorgungsnachweis wurde für den Sachplan geologische Tiefenlager ebenfalls ein Technisches Forum Sicherheit gebildet, das in Zusammenarbeit mit Vertretern der Kantone, der Standortregionen und Nachbarländer sowie Bundesbehörden sicherheitsrelevante Fragen sammelt, beantwortet und diese Antworten der Öffentlichkeit zur Verfügung stellt. Das Technische Forum Sicherheit hat sich im Jahr 2009 dreimal getroffen und von den bisher eingetroffenen 42 Fragen im Forum bereits 22 beantwortet. Die Fragen sind unter www.technischesforum.ch einsehbar, die Antworten werden aufgeschaltet, sobald der Fragesteller mit dem Umfang der Antwort einverstanden ist.

10.2 Felslaboratorien

Die mit internationaler Beteiligung betriebenen Forschungstätigkeiten der Nagra in den beiden Felslaboratorien Grimsel (Kristallingestein) und Mont Terri (Opalinuston) wurden 2009 weiter fortgesetzt. In diesen Felslaboratorien werden Untersuchungen durchgeführt, die zur baulichen Auslegung von geologischen Tiefenlagern und zur Beurteilung der Sicherheit von Tiefenlagern wichtige Erkenntnisse liefern. Das ENSI beteiligt sich mit eigener Forschungstätigkeit im Felslabor Mont Terri, um die behördeninterne Fachkompetenz zu erhalten und zu fördern.

Zusammen mit der Ingenieurgeologie der ETH Zürich hat das ENSI im Felslabor Mont Terri im Rahmen des Baus der neuen Galerie 08 ein neues Experiment gestartet und 2009 weitergeführt. Ziel des Experiments ist, die mit und nach dem Ausbruch der Galerie 08 ablaufenden Deformationen im Gebirge zu erfassen. Über die Fertigstellung der Galerie 08 hinaus werden auch langsam ablaufende langfristige Konvergenzverformungen (Kriechbewegungen) mittels eines kontinuierlichen Monitoring-Systems gemessen.

Das ENSI beteiligt sich ferner an zwei weiteren Experimenten, in denen das Austrocknungsverhalten des Opalinustons an der Stollenwand in Abhängigkeit des Stollenklimas (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) untersucht und eine neue Methode der Durchlässigkeitsbestimmung anhand von Verdunstungsmessungen evaluiert werden.

10.3 Internationaler Wissenstransfer

Neben der Beteiligung des ENSI an der internationalen Forschung im Felslabor Mont Terri engagiert sich das ENSI im Rahmen internationaler Programme zur Entsorgung. Das im Jahr 2009 gestartete vierjährige Forschungsprojekt FORGE («fate of repository gases»), an dem sich das ENSI mit vergleichenden Sicherheitsanalysen beteiligt, dient der Erforschung der in einem geologischen Tiefenlager durch Korrosion oder Zersetzung produzierten Gase, dem damit verbundenen Gasdruckaufbau und dem Abtransport des Gases durch ein wenig durchlässiges Medium (z.B. ein tonreiches Gestein). Weiter ist das ENSI an der neu

eingesetzten Technischen Plattform der EU beteiligt, innerhalb welcher entsorgungsrelevante Daten ausgetauscht und in Zukunft auch die entsprechenden EU-Forschungsvorhaben koordiniert werden.

Die Mitarbeit in internationalen Arbeitsgruppen bietet dem ENSI Gelegenheit, alle relevanten Fragestellungen im Bereich der Entsorgung in geologischen Tiefenlagern im europäischen Rahmen zu verfolgen und bezüglich Stand von Wissenschaft und Forschung über die aktuellen Entwicklungen informiert zu bleiben. Die Resultate dieser Arbeiten werden in die Begutachtung im Rahmen des Sachplans Geologische Tiefenlager einfließen.



Brennelementwechsel
im Kernkraftwerk
Mühleberg
Foto: KKM

11. Anlagenübergreifende Themen

11.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management

11.1.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen

Mit der Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) wird u.a. das Risiko abgeschätzt, dass ein schwerer Unfall in einem Kernkraftwerk auftritt. Als schwerer Unfall wird ein Störfall bezeichnet, bei dem der Reaktorkern nicht mehr gekühlt werden kann und in der Folge zu schmelzen beginnt. Schwere Unfälle sind äusserst unwahrscheinlich und setzen den Ausfall zahlreicher Anlagenteile voraus. Erst ein schwerer Unfall kann (muss aber nicht notwendigerweise) dazu führen, dass grössere Mengen radioaktiver Stoffe in die Umgebung freigesetzt werden. Die PSA ist eine wichtige Methode zur laufenden Beurteilung und Verbesserung der Sicherheit von Kernanlagen.

Eine PSA kann in drei Stufen unterteilt werden: Ausgehend von einem breiten Spektrum von auslösenden Ereignissen werden in der Stufe-1-PSA alle möglichen Unfallsequenzen bis zum Kernschaden (Kernschmelze) betrachtet. Die auslösenden Ereignisse umfassen sowohl anlageninterne Störfälle wie z. B. Brände, Brüche in Kühlmittel führenden Leitungen oder Ausfälle der Wärmeabfuhr als auch Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage wie Erdbeben, unfallbedingter Flugzeugabsturz oder Überflutungen. Die auf den Ergebnissen der Stufe-1-PSA aufbauende Stufe-2-PSA umfasst die Analyse des weiteren Verlaufs eines Kernschadens bis zu einer eventuellen Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt. Mit der Stufe-3-PSA wird schliesslich der Schaden in der Umgebung des Kraftwerks analysiert.

Basierend auf Art. 41 der Kernenergieverordnung verlangt das ENSI für alle schweizerischen Kern-

kraftwerke PSA-Studien der Stufen 1 und 2. Die Anforderungen an die Erstellung und Anwendung einer PSA sind in den Richtlinien A05 (Qualität und Umfang) und A06 (Anwendungen) festgehalten. Jeder Betreiber hat eine anlagenspezifische PSA entwickelt und aktualisiert diese regelmässig.

Im Jahr 2009 wurden im Wesentlichen folgende Arbeiten im Bereich PSA durchgeführt:

- Das KKB hat termingerecht eine aktualisierte und in einigen Bereichen verfeinerte PSA-Studie eingereicht. Die Analyse der internen Überflutung wurde komplett überarbeitet. Das von der IAEA für bestehende Anlagen empfohlene probabilistische Sicherheitsziel einer Kernschadenshäufigkeit von unter 10^{-4} pro Jahr wird klar eingehalten. Die von KKB für alle auslösenden Ereignisse insgesamt ausgewiesene Kernschadenshäufigkeit beträgt $1,7 \cdot 10^{-5}$ pro Jahr und liegt damit etwas über dem in der Kernenergieverordnung festgehaltenen Wert von $1 \cdot 10^{-5}$ pro Jahr für neue Kernkraftwerke. Gemäss Art. 82 der Kernenergieverordnung sind bestehende Anlagen so weit nachzurüsten, als dies nach der Erfahrung und dem Stand der Nachrüsttechnik notwendig ist und soweit die Massnahmen angemessen sind. Das KKB hat die mit dem Projekt «Autarke Notstromversorgung» (AUTANOVE) beantragten Anlageänderungen probabilistisch bewertet und aufgezeigt, dass die Kernschadenshäufigkeit weiter reduziert wird. Ferner hat das KKB mit den seismischen Ertüchtigungen begonnen, die durch die PSA identifiziert worden waren.
- Das KKG reichte im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) Ende 2008 termingemäss eine vollständig überarbeitete PSA ein. Diese umfasst für alle massgeblichen Betriebszustände eine probabilistische Analyse der Stufen 1 und 2 für interne und externe auslösende Ereignisse. Gemäss KKG ist das Anlagenrisiko sehr tief und erfüllt sogar das von der IAEA für neue Kernkraftwerke empfohlene Sicherheitsziel einer Kernschadenshäufigkeit von unter $1 \cdot 10^{-5}$ pro Jahr deutlich. Für verschiedene Nachweise zieht KKG auch neuartige, zum Teil selber entwickelte Methoden heran. Das ENSI unterzieht deshalb diese Studie einer vertieften Überprüfung. Aus dieser Überprüfung ergaben sich umfangreiche Fragelisten, die das KKG bis Ende 2009 beantwortet hat. Die Bewertung der neuen KKG-PSA ist Gegenstand der ENSI-Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung.

Das KKG reichte mit dem sicherheitstechnischen Grobkonzept für den Ersatz von Reaktorschutz und Sicherheitsleittechnik (Projekt LETA) eine probabilistische Bewertung der geplanten Änderungen ein. Gemäss KKG bewirken die mit LETA verbundenen Anlageänderungen insgesamt eine Risikoreduktion.

- Das KKL reichte im Jahr 2006 für die Periodische Sicherheitsüberprüfung eine neue PSA ein. Die Überprüfung ergab verschiedene Verbesserungspunkte, die im Kap. 8 der sicherheitstechnischen Stellungnahme (ENSI 12/1300, August 2009) dargelegt sind. KKL hat zur Umsetzung der PSÜ-Forderungen im Berichtsjahr termingerecht folgende Punkte bearbeitet:
 - Zu Fragestellungen bezüglich Erfolgskriterien, welche die Grundlagen der Unfallablaufanalysen bilden (z.B. die für die passive Einspeisung in den Reaktordruckbehälter erforderliche Druckentlastung), hat das KKL einen Bericht eingereicht.
 - Bezüglich Stör- und Notfallvorschriften identifizierte das KKL spezifische Verbesserungen, die bereits umgesetzt sind oder demnächst umgesetzt werden.
 - Zur Aktualisierung der Erdbeben-PSA reichte das KKL ein Konzept ein. Schwerpunkt der geplanten Arbeiten ist die Neubestimmung der Fragilities (probabilistische Erdbebenfestigkeit von Bauten und Komponenten).
 - Das KKL entwickelte ein Konzept, dessen Umsetzung die automatische Absperrung von aus dem Containment herausführenden Entwässerungsleitungen im Falle eines Erdbebens verbessert. Als effektive und gut zu realisierende Massnahme identifizierte das KKL die Nachrüstung einer über einen batteriegestützten Elektromotor angetriebenen Absperrung. Als Übergangslösung wurde eine Vorschrift eingeführt, welche die manuelle Absperrung der Entwässerungsleitungen im Anforderungsfall unterstützt.
- Das KKM ist daran, die gesamte PSA zu überarbeiten. Die Überarbeitung erfolgt insbesondere aufgrund von Forderungen, die das ENSI im Rahmen der Stellungnahme zur PSÜ erhoben hatte. Ein Teil der Forderungen ist dadurch begründet, dass das ENSI im internationalen Vergleich hohe Qualitätsforderungen an die PSA stellt. Das KKM hatte Terminerstattung beantragt. Gründe hierfür waren personelle Engpässe bei den beauftragten externen Experten und eine zu optimistische Planung. Um auf terminliche Probleme

bei der Abarbeitung der PSA-Geschäfte schneller reagieren und entsprechende Prioritäten setzen zu können, hat das KKM einen Projektausschuss auf Management-Ebene gebildet. Das ENSI nimmt an dessen Sitzungen teil. Es hat im Berichtsjahr auch die Anzahl der Fachgespräche mit dem Betreiber erhöht, um die Fortschritte zeitnah zu verfolgen. Die ergriffenen Massnahmen zeigen erste Erfolge. So konnte das KKM Unterlagen zu zahlreichen PSÜ-Forderungen einreichen. Im Folgenden wird auf einige wichtige Bereiche näher eingegangen:

- Das Modell für interne Ereignisse wurde auf der Basis der 2008 neu bestimmten Erfolgskriterien überarbeitet und eingereicht.
 - Die Zuverlässigkeitsanalyse von Operateurhandlungen wurde überarbeitet und eingereicht.
 - Die Analyse interner Überflutungen wurde überarbeitet und eingereicht.
 - Für die Verfeinerung der probabilistischen Brandanalyse wurden die Gegebenheiten vor Ort detaillierter als zuvor aufgenommen. Darauf aufbauend hat das KKM eine umfassende Analyse zur Vorauswahl brandtechnisch potenziell relevanter Bereiche durchgeführt. Für die brandtechnisch bedeutendsten Bereiche wurden mit Hilfe deterministischer Brandausbreitungsrechnungen mögliche Brandszenarien entwickelt.
 - Als Grundlage für die Überarbeitung der Erdbeben-PSA wurde der KKM-Standort geotechnisch bezüglich Bodenverflüssigung, Setzungen und Verschiebungen evaluiert. Ausserdem wurden basierend auf dem PEGASOS-Projekt Etagenantwortspektren für das Reaktorgebäude, das SUSAN-Gebäude und Teile des Betriebsgebäudes fertig gestellt. Darauf aufbauend wurden für diverse Komponenten die so genannten Fragilities (probabilistische Erdbebenfestigkeiten) neu berechnet. In vielen Fällen konnte eine höhere Erdbebenfestigkeit nachgewiesen werden als bisher angenommen.
- Gemäss den per Ende 2009 vorliegenden Analysen der Schweizer Kernkraftwerke wird das von der IAEA für bestehende Anlagen empfohlene probabilistische Sicherheitsziel einer Kernschadenshäufigkeit von unter 10^{-4} pro Jahr eingehalten.

11.1.2 Risikotechnische Beurteilung der Betriebserfahrung

Mit der Einführung der Richtlinien B02 und B03 erfolgt die probabilistische Bewertung der Be-

triebserfahrung auf zwei Arten: einerseits durch eine zusammenfassende Bewertung des gesamten Vorjahres und andererseits durch die risikotechnische Bewertung einzelner Vorkommnisse. Spezifische Anforderungen an die beiden Analysen (probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung eines Jahres bzw. eines Vorkommnisses) sind in der Richtlinie A06 festgehalten. Im Folgenden wird auf die beiden Analysen eingegangen.

Alle Kernkraftwerksbetreiber reichten im Jahr 2009 eine probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung des Jahres 2008 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. Für das Jahr 2008 lassen sich folgende, für alle Schweizer Kernkraftwerke gültigen, Aussagen zur probabilistischen Bewertung der Betriebserfahrung machen:

- Die vorliegenden Daten zeigen für das Jahr 2008 keine extremen Risikospitzen und das kumulative Risiko über das Jahr blieb gering. Betrachtet man über mehrere Jahre hinweg die Risikospitzen oder das jährliche kumulative Risiko, so sind keine Trends erkennbar.
- Der Einfluss der meldepflichtigen Vorkommnisse auf das momentane und das kumulative Risiko war gering. Dadurch treten bei der probabilistischen Bewertung der Betriebserfahrung die geplanten Wartungsaktivitäten in den Vordergrund.
- Latente Fehler bleiben unentdeckt, bis die betroffene Komponente angefordert oder geprüft wird. Für das kumulative Risiko können sie wichtig sein, weil hier nicht nur die momentane Risikoerhöhung durch eine Komponentenunverfügbarkeit, sondern auch die Dauer der Unverfügbarkeit eine Rolle spielt. Latente Ausfallzeiten, die einen Einfluss auf das kumulative Risiko hatten, ergaben sich beim Block 1 des KKB zweimal durch Unverfügbarkeit je eines Notspeisewasserregelventils sowie beim KKM durch die Unverfügbarkeit eines Druckluftkompressors.
- Mit der Technischen Spezifikation werden Unverfügbarkeitskombinationen von Komponenten in einer Anlage geregelt. Ergänzend werden mit der probabilistischen Bewertung der Betriebserfahrung auch Unverfügbarkeitskombinationen von Komponenten betrachtet, welche über die in der Technischen Spezifikation be-

handelten hinausgehen. Das ENSI identifizierte in diesem Zusammenhang beim KKB Verbesserungsbedarf und verlangte die Untersuchung von Regelungen zur gleichzeitigen Wartung verschiedener Komponenten.

- Die Daten der probabilistischen Bewertung der Betriebserfahrung werden auch genutzt, um den Einfluss der Wartungsunverfügbarkeit auf das Risiko zu analysieren. Das wartungsbedingte inkrementelle kumulative Risiko lag beim Block 2 des KKB leicht über dem Planungswert. Mit dem Projekt «Autarke Notstromversorgung» (AUTANOVE) wird die 50-kV-Einspeisung zu den Notstand-Gebäuden verbessert, so dass jeder Block eine separate Einspeisung erhält. Damit werden die wartungsbedingten Risikobeiträge kleiner. Für die Zeit, bis AUTANOVE realisiert ist, wurde das KKB aufgefordert, die zeitliche Abfolge der Wartungen vor dem Hintergrund der PSA-Resultate zu überprüfen und bezüglich einer Minimierung des kumulativen Risikos zu optimieren.

Ab 2009 werden meldepflichtige Vorkommnisse gemäss der neuen Richtlinie B03 in Ergänzung zur deterministischen Betrachtungsweise auch systematisch mit der PSA bewertet. Dazu wird die durch das Vorkommnis verursachte inkrementelle bedingte Kernschadenswahrscheinlichkeit ($ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$) gemäss Richtlinie A06 berechnet. Ferner wird gemäss der Richtlinie A06 das Vorkommnis anhand der $ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$ der internationalen Ereignisskala (INES) zugeordnet.

Den Richtlinien folgend bewerteten die Kernkraftwerksbetreiber im Jahr 2009 insgesamt zehn Vorkommnisse mit der PSA. Alle diese Vorkommnisse waren risikotechnisch unbedeutend, d.h. INES-Stufe 0 ($ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$ mindestens 10^{-8} , jedoch kleiner als 10^{-6}) oder es erfolgte keine Einstufung auf der INES-Skala ($ICCDP_{\text{Vorkommnis}}$ kleiner als 10^{-8}).

11.1.3 Erdbebengefährdungsanalyse

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

Als weiteren Schritt dieser fortwährenden Entwicklung verlangte das ENSI im Jahre 1999 von den Kernkraftwerksbetreibern, die Erdbebengefährdung nach dem fortschrittlichsten Stand der methodischen Grundlagen neu zu bestimmen und dabei insbesondere die Unschärfe der Rechnergebnisse umfassend zu quantifizieren. Zur Umsetzung der Forderung des ENSI gaben die Kernkraftwerksbetreiber das Projekt PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz) in Auftrag. In Anlehnung an eine in den USA neu entwickelte Methode wurde in diesem Projekt die Erdbebengefährdung unter umfassender Berücksichtigung des Kenntnisstandes der internationalen Fachwelt berechnet. Dazu wurden Fachleute von unabhängigen fachtechnischen Organisationen aus dem In- und Ausland beigezogen. Mit dem Projekt PEGASOS hat die Schweiz Neuland betreten. Es ist die bisher einzige Studie dieser Art in Europa.

Das Projekt wurde vom ENSI von Anfang an mit einem Expertenteam überprüft. Das ENSI kam zum Schluss, dass mit dem Projekt PEGASOS die methodischen Vorgaben erfüllt wurden und dass hinsichtlich verschiedener Aspekte (Qualitätssicherung, Erweiterung der Methode auf die Charakterisierung der Standorteinflüsse) sogar ein neuer Stand der Technik erzielt wurde. Doch stellte das ENSI auch fest, dass die in den PEGASOS-Ergebnissen ausgewiesene Bandbreite der Unsicherheiten recht gross ist, und durch weitere Untersuchungen verkleinert werden könnte.

Mit dem Ziel, die Unschärfe der PEGASOS-Ergebnisse zu reduzieren, starteten die Kernkraftwerksbetreiber im Jahr 2008 das von der swissnuclear geleitete «PEGASOS Refinement Project» (PRP). Im Jahr 2009 fanden in diesem Projekt mehrere Workshops und Arbeitstreffen statt. Mitte 2009 wurde das PRP auf die mit den vorliegenden Rahmbewilligungsgesuchen beantragten neuen Kernkraftwerkstandorte erweitert. Die Hauptthemenkreise des PRP sind wie bereits bei PEGASOS die Charakterisierung der Erdbebenherde, der Erdbebenfortpflanzung und der lokalen Effekte an den Standorten der Kernkraftwerke. Das PRP berücksichtigt die seit dem Abschluss von PEGASOS neu vorliegenden Erkenntnisse aus der Erdbebenforschung und die Resultate aus den neuen Messungen der seismologischen Bodenkennwerte an den Kernkraftwerksstandorten. Das PRP wird voraussichtlich bis ins Jahr 2012 dauern. Es wird vom ENSI wiederum mit einem Expertenteam überprüft.

11.1.4 Severe Accident Management Guidance (SAMG)

Die SAMG (Severe Accident Management Guidance) sind in schriftlicher Form bereitgestellte, anlagenspezifische Entscheidungshilfen zur Milderung der Auswirkungen eines schweren Unfalls, mit dem Ziel, den Kernschmelzvorgang zu beenden oder zumindest die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung so gering wie möglich zu halten. Für alle Schweizer Kernkraftwerke wurden SAMG entwickelt. Alle Betreiber verfügen zudem über ein Verfahren, mit welchem aus Notfallübungen und der Forschung zu schweren Unfällen Verbesserungen der SAMG abgeleitet werden. Im Jahr 2009 wurden zu SAMG folgende Arbeiten eingereicht:

- Das KKB hat in seinen Unfallbegrenzungsrichtlinien die Vorgaben zur Bespeisung von Reaktor und Reaktorbecken verbessert.
- Wie vom ENSI gefordert, haben das KKB und das KKG dargelegt, dass ihre Accident-Management-Massnahmen bei Kernaufheizstörfällen neuere Publikationen aus der Forschung zu schweren Unfällen berücksichtigen.
- Zu den ENSI-Forderungen bezüglich der Erweiterung der SAMG für den Stillstand sowie der Erstellung eines SAMG-Leitschemas für den Leistungsbetrieb reichte das KKL termingemäss Unterlagen ein.

11.1.5 ADAM-System

Dem ENSI werden auf einem eigenen Übermittlungsnetz im Zweiminutentakt von jedem Schweizer Kernkraftwerk bis zu 27 relevante Anlagenparameter (ANPA) zugestellt. Im ENSI werden die ANPA-Werte vom System ADAM (Accident Diagnostics, Analysis and Management) verarbeitet. ADAM besteht aus vier Modulen mit folgenden Funktionen:

- PI-Modul (online): Das PI-Modul unterstützt den Picketingenieur (PI) des ENSI im Einsatzfall. Es liefert laufend Hinweise auf eine eventuelle Verletzung von Grenzwerten und bereitet die ANPA-Werte grafisch so auf, dass sich der PI bei einem Störfall rasch über dessen Ablauf und Ausmass ins Bild setzen kann.
- Diagnosemodul (online): Das Diagnosemodul interpretiert die ANPA-Werte und liefert Hinweise zu möglichen Ursachen eines Störfalls und zum Zustand wichtiger Sicherheitssysteme.
- Simulationsmodul (offline): Mit dem Simulationsmodul kann eine Vielzahl von Unfallabläufen simuliert und untersucht werden. Mit dem Mo-

dul kann auch der Eintrittszeitpunkt bestimmter kritischer Ereignisse (Kernschaden, RDB-Versagen, etc.) abgeschätzt werden.

- STEP-Modul (offline): Das Modul STEP (Source Term Program) verwendet ANPA-Werte und Benutzereingaben, um die Menge der bei einem schweren Unfall freigesetzten radioaktiven Stoffe (Quellterm) abzuschätzen. Der Quellterm kann z.B. für Ausbreitungsrechnungen verwendet werden.

Dem ENSI stehen die ersten drei genannten Module für alle schweizerischen Kernkraftwerke zur Verfügung, das STEP-Modul inzwischen für deren drei. Auch im vergangenen Jahr konnte ADAM im Rahmen von Notfallübungen wertvolle Information zur Beurteilung des jeweiligen Anlagezustands liefern.

11.2 Joint Convention

Das internationale gemeinsame Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle (Joint Convention) hat zum Ziel, weltweit einen hohen Standard bei der Entsorgungssicherheit zu erreichen und zu erhalten. Die Schweiz hat das Übereinkommen 1997 unterzeichnet und 2000 ratifiziert. Die Vertragsparteien haben sich verpflichtet, die Grundsätze des Übereinkommens anzuwenden. Sie erstellen alle drei Jahre einen Bericht über den aktuellen Stand, zeigen Lücken auf und beschreiben die getroffenen und noch zu treffenden Massnahmen im Hinblick auf die Erfüllung der Verpflichtungen aus der Joint Convention. Die Berichte werden im Rahmen einer Konferenz bei der Internationalen Atomenergie Organisation (IAEA) in Wien überprüft.

Seit der Inkraftsetzung der Joint Convention fanden drei Überprüfungskonferenzen statt, die letzte vom 11. bis 20. Mai 2009. Die 48 Vertragsparteien wurden in sechs Ländergruppen eingeteilt. Die Schweiz war zusammen mit Deutschland, Südkorea, Italien, Norwegen, Uruguay, Island und Lettland in Ländergruppe 5 eingeteilt. Sie stellte ihren im Herbst 2008 fristgerecht eingereichten dritten Länderbericht vor und beantwortete Fragen dazu. Der Bericht und die Präsentation wurden sehr positiv aufgenommen, was sich in acht Good Practices widerspiegelte, die die Schweiz für ihren Bericht erhielt. Besonders hervorgehoben wurde das transparente Sachplanverfahren für die Standort-

suche für geologische Tiefenlager, an dem die Öffentlichkeit und die Nachbarländer mitwirken können. Gute Noten erhielt die Schweiz unter anderem für die Reduzierung des Abfallvolumens mittels dem Plasmaofen im ZWILAG, die elektronische Abfalldatenbank ISRAM sowie für das Forschungsprogramm im Entsorgungsbereich mit den beiden Felslabors Mont Terri und Grimsel. Als einzige, aber gewichtige Herausforderung

(Challenge) wurde die erfolgreiche Weiterführung des Sachplanverfahrens mit den diversen damit verbundenen Herausforderungen, insbesondere dem Ziel der öffentlichen Akzeptanz, hervorgehoben.

Die Schweizer Delegation umfasste vier Mitarbeiter des ENSI und einen Vertreter der Nagra. Sie stellte den stellvertretenden Vorsitzenden ihrer Ländergruppe.

Anhang

Sicherheitsbewertung	105
Abbildung 1 ENSI-Sicherheitsbewertungs-Skala	108
Abbildung 2 Definition der ENSI-Kategorien G, N, V und A	110
Tabelle 1 Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke	111
Tabelle 2 Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2009	111
Tabelle 3 Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2009	112
Tabelle 4 Meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2009	112
Tabelle 5 Kollektivdosen in den schweizerischen KKW im Berichtsjahr	113
Tabelle 6a Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2009 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	114
Tabelle 6b Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2009 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	115
Tabelle 6c Fussnoten	116
Tabelle 7 Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten	117
Tabelle 8 Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI per 31.12.2009	118
Tabelle 9 Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG per 31.12.2009	118
Tabelle 10 Liste der schweizerischen Richtlinien	119
Figur 1 Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 2000–2009	125
Figur 2 Vorkommnisse 2000–2009	126
Figur 3 Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 2000–2009	127
Figur 4 Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 2000–2009	128
Figur 5 Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1977–2009	129
Figur 6 Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW	130
Figur 7a Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	131
Figur 7b Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	131
Verzeichnis der Abkürzungen	133

Sicherheitsbewertung

Das ENSI wacht als unabhängige Aufsichtsbehörde darüber, dass die Betreiber von Kernanlagen ihre Verantwortung für die nukleare Sicherheit umfassend wahrnehmen. Das Ziel nuklearer Sicherheit ist es, Mensch und Umwelt vor schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung zu schützen. Zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit müssen die Betreiber von Kernanlagen eine umfassende Sicherheitsvorsorge treffen, die verschiedene Aspekte umfasst. Das ENSI beurteilt die von ihm beaufsichtigten Aspekte hinsichtlich ihrer Aufgabe innerhalb der Sicherheitsvorsorge. Bisher fließen die Inspektionstätigkeit, die Ergebnisse der Zulassungsprüfungen, die Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse und auf der Basis der periodischen Berichterstattung ermittelte Sicherheitsindikatoren in der nachfolgend beschriebenen Weise in eine systematische Sicherheitsbewertung ein. Damit deckt das Bild, das sich aus der Sicherheitsbewertung ergibt, zurzeit vor allem betriebliche Aspekte ab. Weiter unten ist beschrieben, welche weiteren Datenquellen in Zukunft das Bild vervollständigen sollen.

Das ENSI ordnet alle in die Sicherheitsbewertung eingehenden Aspekte nach mehreren Kriterien: Es unterscheidet zwischen den in den Dokumenten eines Kernkraftwerks festgelegten Vorgaben und dem tatsächlichen Betriebsgeschehen. Da die nukleare Sicherheit sowohl von technischen als auch von menschlichen und organisatorischen Faktoren abhängt, macht das ENSI zudem sichtbar, ob sich eine Beurteilung auf die Technik bezieht oder auf Mensch und Organisation. Dies ergibt vier Bereiche, die systematisch zu beurteilen sind: 1. **Auslegungs-Vorgaben**, 2. **Betriebs-Vorgaben**, 3. **Zustand und Verhalten der Anlage** sowie 4. **Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation**.

Die Sicherheitsvorsorge der Kernkraftwerke lässt sich aus zwei alternativen Perspektiven betrachten, die im Folgenden dargestellt werden. Die eine Perspektive ist das **Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge**, das Sicherheitsebenen und Barrieren umfasst. Die andere Perspektive ist das **Konzept der Schutzziele**, denn der Zweck der Sicherheitsvorsorge ist letztlich die Einhaltung übergeordneter Schutzziele.

Zum Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge: Dieses besteht aus mehreren hintereinander

gestaffelten Ebenen von Vorkehrungen, von denen jeweils die nächste dazu dient, Schwachstellen der davor liegenden Ebenen aufzufangen. Zur **1. Ebene** gehören systematische Vorkehrungen zur Vermeidung von Abweichungen vom Normalbetrieb. Für den Fall, dass es dennoch zu Abweichungen kommt, umfasst die **2. Ebene** Vorkehrungen zur Beherrschung von Abweichungen vom Normalbetrieb mittels Begrenzungs- und Schutzsystemen und zur Entdeckung von Fehlern. Für Situationen, in denen diese nicht erfolgreich sind, werden auf einer **3. Ebene** Vorkehrungen zur Beherrschung von Auslegungsstörfällen getroffen. Für die seltenen Fälle, in denen diese nicht ausreichend wirksam sind, werden auf einer **4. Ebene** Vorkehrungen zur Beherrschung auslegungsüberschreitender Anlagenzustände getroffen. Die Sicherheitsebenen 1 bis 4 bilden die **anlageninterne** Sicherheitsvorsorge.

Schliesslich umfasst die gestaffelte Sicherheitsvorsorge für den noch unwahrscheinlicheren Fall, dass trotz aller Massnahmen auf den Ebenen 1 bis 4 grössere Mengen radioaktiver Stoffe freigesetzt werden sollten, auf einer **5. Ebene** Vorkehrungen zur Linderung der Auswirkungen. Die Sicherheitsebene 5 umfasst die **anlagenexterne** Sicherheitsvorsorge. Jede Ebene der gestaffelten Sicherheitsvorsorge dient dazu, vier grundlegende Schutzziele zu gewährleisten: Erstens ist beim Umgang mit Kernbrennstoffen jederzeit zu gewährleisten, dass die Reaktivität unter Kontrolle ist (Schutzziel **«Kontrolle der Reaktivität»**). Zweitens müssen Brennelemente jederzeit ausreichend gekühlt werden (Schutzziel **«Kühlung der Brennelemente»**). Drittens sind radioaktive Stoffe jederzeit sicher einzuschliessen (Schutzziel **«Einschluss radioaktiver Stoffe»**) und viertens ist die Strahlenexposition von Mensch und Umwelt jederzeit zu begrenzen (Schutzziel **«Begrenzung der Strahlenexposition»**). Die drei ersten Schutzziele dienen alle dazu, das vierte Schutzziel der Begrenzung der Strahlenexposition sicherzustellen. Massnahmen zur Gewährleistung der Schutzziele 3 und 4 werden auch als Strahlenschutz bezeichnet.

Für die Ebenen 1 bis 4 der gestaffelten Sicherheitsvorsorge – die anlageninterne Sicherheitsvorsorge – gilt, dass jede Sicherheitsebene für jedes Schutzziel Vorkehrungen umfasst. Somit werden für jedes Schutzziel Vorkehrungen auf jeder dieser Sicherheitsebenen getroffen. Einzig die Sicherheitsebene 5 – die anlagenexterne Sicherheitsvor-

sorge – dient ausschliesslich dem Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition», weil sie für den äusserst unwahrscheinlichen Fall da ist, dass die anderen Schutzziele in einer Weise verletzt sind, die zur Freisetzung einer grösseren Menge radioaktiver Stoffe geführt hat oder führen kann.

Dem Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe» dienen in Kernkraftwerken drei hintereinander liegende Barrieren: Die Brennstoffmatrix und die Hüllrohre der **Brennelemente** bilden die erste, die Umschliessung des **Primärkreislaufs** die zweite und das **Containment** die dritte Barriere. Die Integrität dieser Barrieren wird in der systematischen Sicherheitsbewertung dargestellt.

Nicht alle beurteilten Aspekte lassen sich klar einer oder mehreren spezifischen Sicherheitsebenen zuordnen. Manche Aspekte sind potenziell für alle Sicherheitsebenen von Bedeutung und betreffen somit das Gesamtrisiko des Kernkraftwerks. Solche Aspekte werden als Aspekte **mit ebenen- oder barrierenübergreifender Bedeutung** bezeichnet. Ebenso lassen sich nicht alle Aspekte klar einem oder mehreren spezifischen Schutzzielen zuordnen. Diese Aspekte werden als Aspekte **mit schutzzielübergreifender Bedeutung** bezeichnet.

Sämtliche Bewertungen, welche sich auf Aspekte der Sicherheitsvorsorge beziehen, finden sich sowohl in der Darstellung der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge als auch in der Darstellung der Schutzzielperspektive. Alle Bewertungen, die sich auf den Zustand oder das Verhalten der Anlage beziehen, werden hierbei als Aspekte der Sicherheitsvorsorge verstanden und erscheinen in beiden Darstellungen. Hingegen werden Bewertungen, die sich auf radiologische Auswirkungen beziehen, nur aus der Schutzzielperspektive sichtbar. Denn wenn zum Beispiel eine Person einer erhöhten Strahlendosis ausgesetzt wird, ist zwar das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition» betroffen, nicht aber die Sicherheitsvorsorge.

Für alle Bewertungen wird eine einheitliche Skala verwendet. Die Skala basiert auf der internationalen Ereignisskala (INES), ist aber nach unten – im Bereich «below scale» (INES 0) – erweitert. Dadurch deckt sie nicht nur Vorkommnisse ab, sondern auch den ungestörten Normalbetrieb und sogar Aspekte, die Vorbildcharakter für andere Anlagen haben (vgl. Abbildung 1). Die Skala umfasst folgende Kategorien: G (gute Praxis), N (Norma-

lität), V (Verbesserungsbedarf), A (Abweichung), 1 (Anomalie), 2 (Zwischenfall) und so weiter gemäss INES.

Die Kriterien für die Zuordnung zu den Kategorien G, N, V und A sind in Abbildung 2 genannt. In den Kategorien G, N, V und A sind stets alle Schutzziele im gemäss den bewilligten Betriebsbedingungen geforderten Mass erfüllt. Die Bewertungen der Kategorien 1 bis 7 basieren auf der Beurteilung von drei verschiedenen Kriterien: 1. auf den radioaktiven Abgaben an die Umwelt, 2. auf der Strahlenexposition des Personals und 3. (im Bereich der Kategorien 1 bis 3) auf der Wirksamkeit der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zur Verhinderung eines Kernschadens und zur Verhinderung eines Schadens an den radiologischen Barrieren sowie (im Bereich der Kategorien 4 bis 5) auf der Schwere eines Kernschadens oder Barrierschadens. Es zählt jeweils das Kriterium, das zur höchsten Einstufung führt. Eine Einstufung aufgrund radioaktiver Abgaben an die Umwelt bedeutet ab Kategorie 1, dass das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe» verletzt worden ist, wobei die freigesetzte Aktivität bis zur Kategorie 7 um mehrere Grössenordnungen zunimmt. Eine Einstufung aufgrund der Strahlenexposition des Personals bedeutet ab Kategorie 1, dass das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition» verletzt worden ist, wobei die Strahlendosis bis zur Kategorie 4 um mehrere Grössenordnungen zunimmt. Eine Einstufung aufgrund der Wirksamkeit der gestaffelten Sicherheitsvorsorge **kann** in den Kategorien 1 bis 3 bedeuten, dass die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität», «Kühlung der Brennelemente» oder «Einschluss radioaktiver Stoffe» nicht alle im gemäss den bewilligten Betriebsbedingungen geforderten Mass erfüllt sind. Es ist aber auch möglich, dass diese Schutzziele gerade noch erfüllt sind, aber zusätzliche Fehler zu einer Schutzzielverletzung führen würden. Eine Einstufung aufgrund der Schwere eines Kernschadens oder eines Barrierschadens bedeutet, dass Schutzziele verletzt worden sind.

Bei der Sicherheitsbewertung wird jeder beurteilte Aspekt sämtlichen Sicherheitsebenen, Barrieren und Schutzzielen zugeordnet, für die er von Bedeutung ist. Dadurch erscheinen manche Aspekte auf mehreren Sicherheitsebenen oder bei mehreren Schutzzielen. Ein Aspekt (zum Beispiel eine Komponente, ein Dokument, eine Person oder eine Handlung), der sich auf mehrere Sicher-

heitsebenen oder Schutzziele auswirkt, kann entsprechend auch mehrere Sicherheitsvorkehrungen schwächen. Da – wie bereits erwähnt – das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge und das Konzept der Schutzziele alternative Betrachtungsweisen sind, kann jedes Element der Sicherheitsvorsorge sowohl Sicherheitsebenen als auch Schutzziele zugeordnet werden. Entsprechend erscheint jeder beurteilte Aspekt sowohl in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge als auch in der Schutzziel-Perspektive. Einer Barriere wird ein bewerteter Aspekt dann zugeordnet, wenn eine Aussage über den Zustand oder die Dichtheit dieser Barriere gemacht wird. Komponenten mit Barrierenfunktion werden nur dann auch Ebenen der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet, wenn auch die Funktion eines Systems von ihrem Funktionieren abhängt. Komponenten, welche ausschliesslich eine Barrierenfunktion haben, werden keiner Ebene – aber dem Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe» – zugeordnet.

Das ENSI hat im Jahr 2009 alle Ergebnisse von Inspektionen, Zulassungsprüfungen, Vorkommnisanalysen und alle Sicherheitsindikatoren nach dem beschriebenen System bewertet. Für die Kernkraftwerke hat es die Bewertungen zu einem umfassenden Gesamtbild zusammengefügt. Das Gesamtbild besteht einerseits aus einer Vielzahl von Einzelbewertungen in den verschiedenen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Darstellung (z. B. 1 Bewertung A, 5 Bewertungen V, 12 Bewertungen N und 1 Bewertung G). Zum anderen hat das ENSI alle in einer Zelle enthaltenen Bewertungen zu jeweils einer Gesamtbewertung verdichtet (z. B. Bewertung A). Die Zellen-Gesamtbewertung ist normalerweise gleich der höchsten Einzelbewertung, weil die Tragweite eines Fehlers naturgemäss grös-

ser ist als die Tragweite der erwartungsgemässen Sachverhalte. Entsprechend müssen sich die aus der Sicherheitsbewertung abzuleitenden Massnahmen auch primär auf die Diskrepanzen zum Erwarteten richten.

Das ENSI betrachtet die Transporte von und zu den Kernkraftwerken bei der systematischen Sicherheitsbewertung separat. In den nächsten Jahren werden zusätzliche Datenquellen in die Bewertung einfließen. Weil zurzeit die verwendeten Datenquellen vor allem Information über das Betriebsgeschehen liefern, liegt der Erkenntnisgewinn der systematischen Sicherheitsbewertung vornehmlich vor allem in diesem Bereich. Sobald wie geplant auch die Beurteilung von Änderungen im Rahmen von Freigaben für die Sicherheitsbewertung genutzt wird, wird das Bild im Bereich der beiden linken Spalten der Sicherheitsbewertungs-Darstellung vollständiger. Anlagenverbesserungen werden damit in Zukunft auch in der Sicherheitsbewertung sichtbar. Ergebnisse wiederkehrender Prüfungen erscheinen in der Sicherheitsbewertung jeweils im Jahr der Prüfung. Wenn eine Prüfung nicht jährlich erfolgt und ein Befund – weil er zulässig ist – bis zur nächsten Prüfung belassen werden kann, wird er in den Jahren, in denen keine Prüfung stattfindet, in der Sicherheitsbewertung zurzeit nicht dargestellt. Zentrale Ergebnisse dieser Bewertung für das Aufsichtsjahr 2009 sind jeweils am Schluss der Kapitel 1 bis 4 unter dem Punkt «Sicherheitsbewertung» dargestellt.

Das ENSI nimmt aufgrund der Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung und weiterer Erkenntnisse aus der Aufsichtstätigkeit eine Gesamtbeurteilung der Betriebssicherheit jedes Kernkraftwerks vor. Hierfür verwendet das ENSI in absteigender Reihenfolge die Kategorien «hoch», «gut», «ausreichend» und «ungenügend».

Abbildung 1

ENSI-Sicherheitsbewertungs-Skala
basierend auf der Internationalen Ereignisskala INES

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

Schäden an der Anlage

Vorkommnisklassierungen: Radioaktive Abgaben an die Umwelt

Teilskala 1

Vorkommnisklassierungen: Strahlenexposition des Personals

Teilskala 2

Vorkommnisklassierungen: Gestaffelte Sicherheitsvorsorge

Teilskala 3



Abbildung 2

Definition der ENSI-Kategorien G, N, V und A

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

Tabelle 1

Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermische Leistung [MW]	1130	1130	1097	3002	3600
Elektrische Bruttoleistung [MW]	380	380	390	1020	1220
Elektrische Nettoleistung [MW]	365	365	373	970	1165
Reaktortyp	Druck-wasser	Druck-wasser	Siede-wasser	Druck-wasser	Siede-wasser
Reaktorlieferant	Westing-house	Westing-house	GE	KWU	GE
Turbinenlieferant	BBC	BBC	BBC	KWU	BBC
Generatordaten [MVA]	2·228	2·228	2·214	1140	1318
Kühlung	Fluss-wasser	Fluss-wasser	Fluss-wasser	Kühlturm	Kühlturm
Kommerzielle Inbetriebnahme	1969	1971	1972	1979	1984

Tabelle 2

Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2009

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	9529	8572	8700	24434	29249
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	3067	2759	2976	8007	9385
Abgegebene thermische Energie [GWh]	168,3	7,0	1,7	172,5	–
Zeitverfügbarkeit ¹ [%]	96,6	86,9	91,6	94,4	93,6
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	3,0	12,7	6,4	5,6	6,4
Arbeitsausnutzung ² [%]	96,0	86,4	90,6	95,3	92,2
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	0	2	1	0	0
Unvorhergesehenes Abfahren der Anlage	1	0	0	0	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen (>10% P _N)	0	0	1	0	0

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

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

Tabelle 3

Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2009 (in Klammern Werte von 2008)

	KKB 1 + 2	KKM	KKG	KKL
Reaktoroperateur	38 (36)	25 (21)	25 (26)	24 (23)
Schichtchef	25 (26)	12 (12)	21 (21)	19 (15)
Pikettingenieur	13 (13)	7 (7)	13 (14)	12 (12)
Strahlenschutzsachverständiger	6 (5)	3 (3)	4 (4)	3 (3)
Strahlenschutzfachkraft	7 (5)	5 (5)	7 (8)	10 (9)
Strahlenschutztechniker	4 (4)	6 (6)	4 (4)	5 (5)
Gesamtbelegschaft (Personen)	525 (513)	340 (332)	478 (413)	497 (466)

Tabelle 4

Meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2009

Datum	Anlage	Vorkommnis	Einstufung INES
24.6.2008*	KKG	Befund in 48-V-Gleichstromanlage	1
9.1.2009	KKB1	Auslösung Containment-Teilisolation durch fehlerhaftes Ansprechen eines Kaminaktivitätsmonitors	0
9.3.2009	KKB	Ungenügende Festigkeit des Maschinenhausdachs	0
1.5.2009	KKB1	Auslösung Containment-Teilisolation durch erhöhte Kaminabluftaktivität	0
12.5.2009	KKB2	Ausfall Sicherheitsgebäude-Luftmonitorkanäle	0
12.5.2009	KKG	Befund an Dieselpumpe VA92D001	0
20.5.2009	KKL	Ausfall der Edelgasmessung der Abgabeinstrumentierung	0
10.6.2009	KKL	Einfahren Steuerstab YCG230	0
25.6.2009	KKB1	Borsäureablagerungen an Regelstab-Antriebsstangengehäusen	0
1.7.2009	KKM	Turbinenschnellschluss	0
1.7.2009	KKG	Brennstoffleckage im 31. Zyklus	0
21.7.2009	KKB1	Ausfall einer Rezirkulationspumpe bei einem Probelauf	0
28.7.2009	KKB2	Ausfall Sicherheitsgebäude-Luftmonitorkanäle	0
3.8.2009	KKB2	Überschreitung der zulässigen Strahlendosis bei zwei Mitarbeitern	2
2.9.2009	KKM	Meldepflichtige Anzeige an der RDB-Rundnaht V6	0
2.9.2009	KKL	Kurzzeitiger Ausfall Edelgasmessung 10XT74R001	0

Fortsetzung Tabelle 4

Datum	Anlage	Vorkommnis	Einstufung INES
14.9.2009	KKM	Reaktorschnellabschaltung nach nicht erfolgreicher Speisewasserpumpen-Umschaltung	0
17.10.2009	KKL	Verletzung der Sekundärcontainmentgrenze	0
26.10.2009	KKB2	Reaktorschnellabschaltung durch störungsbedingtes Schliessen eines Hauptspeisewasser-Regelventils	0
3.11.2009	KKB2	Fehlerhafte Schmierölversorgung eines Notstanddiesel-Aggregats	0
4.11.2009	KKB2	Reaktorschnellabschaltung durch störungsbedingtes Schliessen eines Hauptspeisewasser-Regelventils	0
1.12.2009	KKM	ALPS-Pumpenausfall bei Test	0

*Das Vorkommnis wurde dem ENSI erst im März 2009 gemeldet.

Tabelle 5

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

	KKB1		KKB2		KKG		KKL		KKM	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Aktionen										
BE-Wechsel		109	63							
Revisionsstillstand	439			380	686	326	924	685	881	794
Zwischenabstellung										
Leistungsbetrieb	53	74	56	67	88	122	157	261	249	336
Total	492	183	119	447	774	448	1081	946	1130	1130

Tabelle 6a

Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2009 für die Kernkraftwerke und das Zentrale Zwischenlager Würenlingen und die daraus berechnete Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung.

Ort	Medium	Art der Abgaben ⁴	Limiten ¹	Tatsächliche Abgaben ^{2,4}			Berechnete Jahresdosis ³		
				Aequivalentabgaben		Bq pro Jahr	Erw. mSv/Jahr	10j Kind mSv/Jahr	1j Kind mSv/Jahr
Bq pro Jahr	Bq pro Jahr	Prozent der Limite							
KKB1 + KKB2	Abwasser 4110 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	–	<0,1%	5,3·10 ⁸	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	7·10 ¹³	1,1·10 ¹³	16%	1,1·10 ¹³	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1·10 ¹⁵	3,9·10 ¹²	0,4%	4,0·10 ¹²	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	6·10 ⁹	–	<0,1%	2,7·10 ⁵	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	4·10 ⁹	–	<0,1%	3,5·10 ⁶	<0,001	<0,001	<0,001
	Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	–	–	–	1,3·10 ¹¹	0,0028	0,0036	0,0062	
Dosis total						0,0029	0,0037	0,0063	
KKM	Abwasser 3705 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	–	<0,1%	1,3·10 ⁹	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 ¹³	1,4·10 ¹¹	0,7%	1,4·10 ¹¹	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2·10 ¹⁵	–	<0,1%	3,2·10 ¹¹	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	2·10 ¹⁰	–	<0,1%	9,0·10 ⁵	0,0033	0,0031	0,0029
		Iod: ¹³¹ I	2·10 ¹⁰	–	<0,1%	1,2·10 ⁷	<0,001	<0,001	<0,001
	Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	–	–	–	3,4·10 ¹¹	<0,001	0,0011	0,0019	
Dosis total						0,0041	0,0042	0,0048	
KKG	Abwasser 7428 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 ¹¹	–	<0,1%	7,0·10 ⁶	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	7·10 ¹³	1,5·10 ¹³	21%	1,5·10 ¹³	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1·10 ¹⁵	<1,8·10 ¹³	<1,8%	<1,6·10 ¹³	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	1·10 ¹⁰	–	<0,1%	5,5·10 ⁴	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	7·10 ⁹	7,4·10 ⁷	1,1%	7,4·10 ⁷	<0,001	<0,001	<0,001
	Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	–	–	–	6,8·10 ¹⁰	<0,001	<0,001	<0,001	
Dosis total						<0,001	<0,001	0,001	
KKL	Abwasser 13 289 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	–	<0,1%	6,4·10 ⁷	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 ¹³	2,9·10 ¹²	15%	2,9·10 ¹²	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2·10 ¹⁵	–	<0,1%	7,4·10 ¹⁰	<0,001	<0,001	<0,001
		Aerosole	2·10 ¹⁰	–	<0,1%	1,9·10 ⁵	<0,001	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	2·10 ¹⁰	3,0·10 ⁷	0,2%	3,0·10 ⁷	<0,001	<0,001	<0,001
	Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	–	–	–	5,4·10 ¹¹	0,002	0,0027	0,0045	
Dosis total						0,0021	0,0027	0,0046	
ZZL	Abwasser 622 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 ¹¹	4,3·10 ⁹	2,2%	3,5·10 ⁹	<0,001	<0,001	<0,001
		Tritium	–	–	–	1,0·10 ¹¹	<0,001	<0,001	<0,001
	Abluft	β-/γ-Aerosole	1·10 ⁹	5,2·10 ⁷	5,2%	5,2·10 ⁷	<0,001	<0,001	<0,001
		α-Aerosole	3·10 ⁷	–	<0,1%	1,7·10 ⁴	<0,001	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	1·10 ¹²	–	<0,1%	1,4·10 ⁸	<0,001	<0,001	<0,001
	Tritium	1·10 ¹⁴	2,1·10 ¹¹	0,2%	2,1·10 ¹¹	<0,001	<0,001	<0,001	
Dosis total						<0,001	<0,001	<0,001	

Tabelle 6b

Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2009 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung.

	PSI Ost						PSI West			Gesamtanlage des PSI ^{2,4}		
	Hochkamin	Saphir, Proteus	Forschungslabor	Betriebs-Gebäude radioaktive Abfälle	Bundes-zwischen-lager	Zentrale Fortluftanlagen	Injektor II	C-Labor	Abwasser 1408 m ³	Abluft	Aequivalent-abgaben	
Abgaben im Abwasser^{2,4} [Bq/a]												
Nuklidgemisch ohne Tritium	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7·10 ⁸	-	2,9·10 ⁶	
Tritium	-	-	-	-	-	-	-	-	2,4·10 ¹¹	-	-	
Abgaben über die Abluft^{2,4} [Bq/a]												
Edelgase und andere Gase	-	-	-	-	-	1,1·10 ¹⁴	7,5·10 ¹⁰	-	-	1,1·10 ¹⁴	2,4·10 ¹⁴	
β/γ-Aerosole ⁴ , ohne Iod	4,2·10 ⁷	-	-	-	3,2·10 ⁵	1,0·10 ¹⁰	3,6·10 ⁶	3,2·10 ⁴	-	1,0·10 ¹⁰	-	
α-Aerosole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Iod (Summe aller Isotope)	4,6·10 ⁷	-	-	-	-	2,2·10 ⁷	-	-	-	6,8·10 ⁷	4,7·10 ⁷	
Tritium als HTO	1,0·10 ¹¹	9,1·10 ⁸	-	2,6·10 ¹⁰	1,3·10 ¹⁰	1,4·10 ¹²	-	-	-	1,5·10 ¹²	-	
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Jahresdosis³ [mSv/Jahr] für:												
Erwachsene	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,0036	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,0040	
Kind 10j	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,0036	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,0040	
Kleinkinder	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,0036	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,0040	
Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert¹	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	2,4%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<2,5%	

Tabelle 6c (Fussnoten)

- ¹ **Abgabelimiten** gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die Abgabelimiten wurden so festgelegt, dass die Jahresdosis für Personen in der Umgebung (vgl. Fussnote 3) für die Kernkraftwerke unter 0,3 mSv/Jahr respektive das Zentrale Zwischenlager in Würenlingen (ZZL) unter 0,05 mSv/Jahr bleibt. Für das Paul Scherrer Institut (PSI) sind die Abgaben gemäss Bewilligung 6/2003 direkt über den quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,15 mSv/Jahr limitiert.
- ² Die **Messung der Abgaben** erfolgt nach den Erfordernissen der Reglemente «für die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des...» jeweiligen Kernkraftwerkes resp. des ZZL oder PSI. Die Messgenauigkeit beträgt ca. $\pm 50\%$. Abgaben unterhalb 0,1% der Jahresabgabelimite werden vom ENSI als nicht-relevant betrachtet.
- ³ Die **Jahresdosis** ist für Personen berechnet, die sich dauernd am kritischen Ort aufhalten, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort beziehen und ihren gesamten Trinkwasserbedarf aus dem Fluss unterhalb der Anlage decken. Die Dosis wird mit den in der Richtlinie ENSI-G14 angegebenen Modellen und Parametern ermittelt.
Dosiswerte kleiner als 0,001 mSv – entsprechend einer Dosis, die durch natürliche externe Strahlung in ca. zehn Stunden akkumuliert wird – werden in der Regel nicht angegeben. Beim PSI wird die Jahresdosis der Gesamtanlage als Summe über die Abgabestellen gebildet.
- ⁴ Bei der **Art der Abgaben** resp. **den Tatsächlichen Abgaben** ist folgendes zu präzisieren:
Abwasser: Die Radioaktivität ist beim Vergleich mit den Abgabelimiten in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-LE-Wert von 200 Bq/kg angegeben. Die LE-Werte für die einzelnen Nuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein LE-Wert von 200 Bq/kg entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Ingestions-Dosisfaktor von $5 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq. Die unnormierte Summe der Abwasserabgaben ist in einer weiteren Spalte angegeben.
Edelgase: Die Radioaktivität ist beim Vergleich mit den Abgabelimiten in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ angegeben. Die CA-Werte für die Edelgasnuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Immersions-Dosisfaktor von $4.4 \cdot 10^{-7}$ (Sv/Jahr)/(Bq/m³). Die unnormierte Summe der Edelgasabgaben ist in einer weiteren Spalte angegeben.

Beim KKG wird für die Bilanzierung der Edelgase eine β -total-Messung durchgeführt; für die Äquivalent-Umrechnung wurde in diesem Fall ein Gemisch von 80 % ¹³³Xe, 10 % ¹³⁵Xe und 10 % ⁸⁸Kr angenommen.

Gase: Beim PSI handelt es sich dabei vorwiegend um die Nuklide ¹¹C, ¹³N, ¹⁵O und ⁴¹Ar. Deren Halbwertszeiten sind kleiner als zwei Stunden. Hier ist für die einzelnen Abgabestellen und das gesamte PSI die Summe der Radioaktivität dieser Gase und Edelgase ohne Normierung auf einen Referenzwert angegeben. Für die Gesamtanlage wird zusätzlich auch die auf den Referenz-CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ normierten Abgabe aufgeführt.

Aerosole: Hier ist in jedem Fall die Summe der Radioaktivität ohne Normierung auf einen Referenzwert angegeben.

Der Dosisbeitrag von Aerosolen mit Halbwertszeiten kleiner 8 Tagen ist bei den Kernkraftwerken vernachlässigbar.

Beim KKM ergibt sich der Hauptbeitrag zur Dosis durch die Strahlung der abgelagerten Aerosole, die im Jahre 1986 durch eine unkontrollierte Abgabe in die Umgebung gelangten. Der Dosisbeitrag der Aerosole, welche im Berichtsjahr abgegeben wurden, ist dem gegenüber vernachlässigbar und liegt in der Grössenordnung der anderen schweizerischen Kernkraftwerke.

Iod: Bei den Kernkraftwerken ist die Abgabe von ¹³¹I limitiert; somit ist bei den tatsächlichen Abgaben auch nur dieses Iod-Isotop angegeben. Beim PSI, bei dem andere Iod-Isotope in signifikanten Mengen abgegeben werden, ist die Abgabe für die einzelnen Abgabestellen und die Gesamtanlage als Summe der Aktivität der gemessenen Iod-Nuklide angegeben. Für die Gesamtabgabe wird zudem auch ein ¹³¹Iod-Äquivalent als gewichtete Summe der Aktivität der Iod-Nuklide angegeben, wobei sich der Gewichtungsfaktor aus dem Verhältnis des Ingestionsdosisfaktors des jeweiligen Nuklides zum Ingestionsdosisfaktor von ¹³¹I ergibt. Die Ingestionsdosisfaktoren sind der StSV entnommen. Für die Berechnung der Jahresdosis werden sowohl für die KKW wie für das PSI immer sämtliche verfügbaren Iod-Messungen verwendet, d.h. es ist beispielsweise für KKB auch der Beitrag von ¹³³I berücksichtigt.

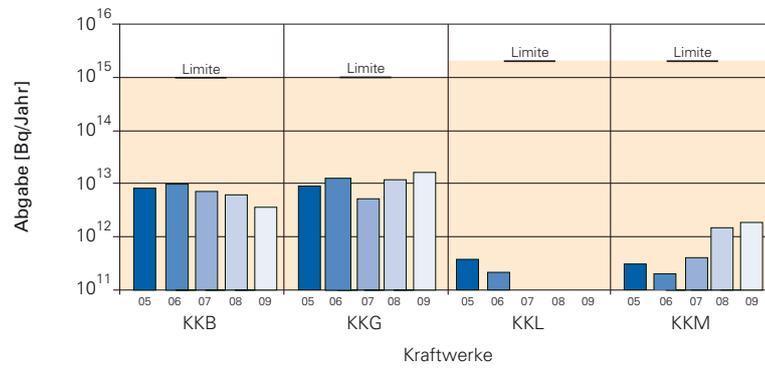
Kohlenstoff ¹⁴C: In den Tabellen ist der als Kohlendioxid vorliegende Anteil des ¹⁴C, der für die Dosis relevant ist, angegeben. Die für ¹⁴C angegebenen Werte basieren bei allen Werken auf aktuellen Messungen.

Tabelle 7

Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten

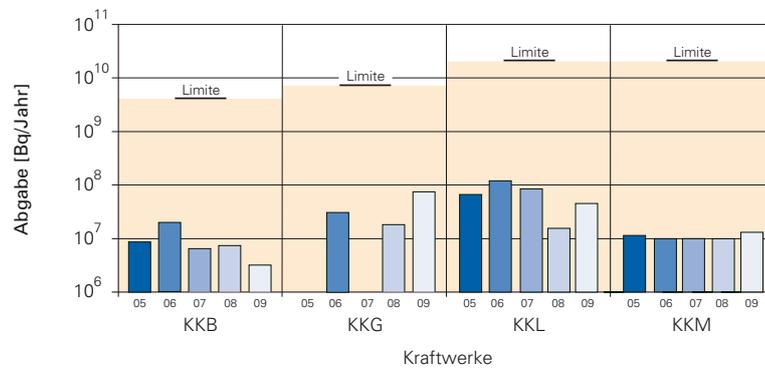
Abluft

Edelgase



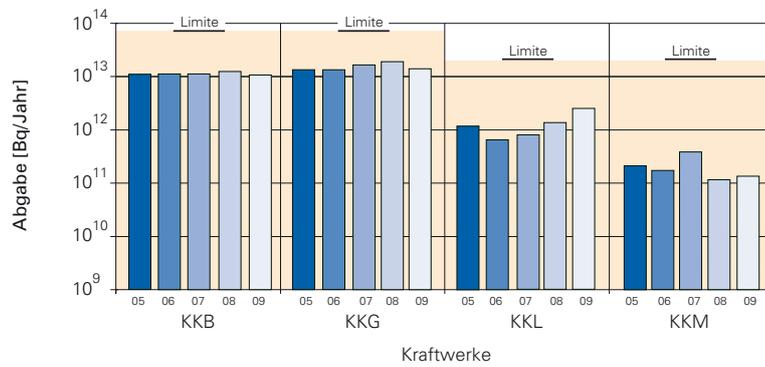
Abluft

Iod



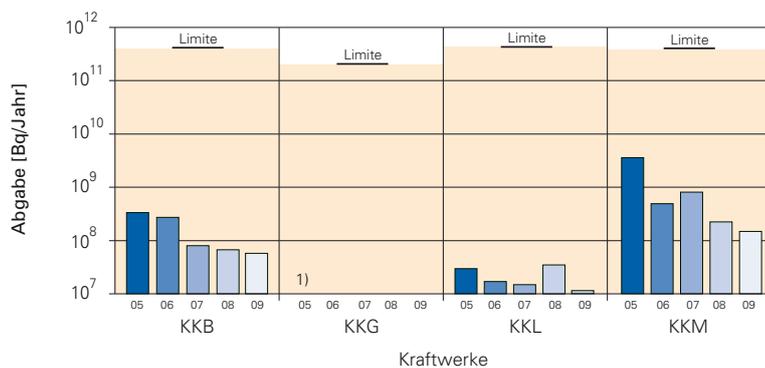
Abwasser

Tritium im Abwasser



Abwasser

ohne Tritium



1) Werte liegen unterhalb des untern Grafik-Bereichs

Tabelle 8

Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI per 31.12.2009
(inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung), Volumina gerundet in m³

	unkonditioniert ¹			konditioniert		
	Anfall ²	Auslagerung ³	Bestand ⁴	Produktion ⁵	Auslagerung ⁶	Bestand ⁷
PSI	73	1	447	45	–	1434 + 5 ⁸
KKB	68	17	170	7	–	1127
KKM	71	57	99 ⁹	20	–	834
KKG	14	16	45	12	–	212
KKL	31	31	16	37	–	1202
Total	257	122	777	121	–	4809 + 5 ⁸

- ¹ Unkonditionierte Abfälle umfassen Instandhaltungs-, Prozess- und Rückbauabfälle sowie Sammelabfälle aus Medizin, Industrie und Forschung.
- ² Bruttovolumen im Berichtsjahr (abgeleitet aus der Anzahl Rohabfallfässer, Abschirmcontainer und Sperrgut).
- ³ Bruttovolumen der im Berichtsjahr zur ZWILAG transferierten Abfälle für die Konditionierung in der Plasma-Anlage und der Konditionierungsanlage.
- ⁴ Bruttovolumen in den Kernanlagen (abgeleitet aus der Anzahl Rohabfallfässer, Abschirmcontainer und Sperrgut).
- ⁵ Bruttovolumen im Berichtsjahr.
- ⁶ Transfer konditionierter Abfälle zur Zwischenlagerung bei der ZWILAG.
- ⁷ Bruttovolumen in den Lagern der Kernanlagen.
- ⁸ 22 Gebinde von KKB am PSI zur Sanierung.
- ⁹ Bestandskorrektur gegenüber Vorjahr, jetzt auch einschliesslich Lose Komponenten.

Tabelle 9

Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG per 31.12.2009

	unkonditioniert			konditioniert	
	Anfall	Annahme	Bestand	Produktion	
Verarbeitung [m ³]	77 ¹	122	226 ²	73	
Bestand (konditionierte Abfälle)				Einlagerung	Bestand
Bruttovolumen konditionierter Abfälle ³ [m ³]				80	1278
Anzahl Behälter mit Brennelementen				2	25
Anzahl Behälter mit Glaskokillen				–	8
Anzahl Behälter mit Lucens-Abfällen				–	6

- ¹ Sekundärabfälle aus allen Betriebsbereichen der ZWILAG.
- ² Hierin enthalten sind 38 Gebinde (8 m³) mit leicht angereichertem uranhaltigem Material aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens.
- ³ Alle Lagerteile der ZWILAG ausgenommen sep. aufgeführtem Bestand des HAA-Lagers.

Tabelle 10

Liste der schweizerischen Richtlinien

Hinweis: Alle Richtlinien sind zusätzlich auch unter www.ensi.ch abrufbar

Fett gedruckte Richtlinien sind in Kraft resp. übersetzt worden.

Bold printed titles are existing/have been translated. (English is not an official language of the Swiss Confederation. English translation is provided for information purposes only and has no legal force.)

(Stand Januar 2010)

G-Richtlinien (Generelle Richtlinien)

Nr.	Arbeitstitel/definitiver Titel	Datum der gültigen Ausgabe/ issue date
G01	Sicherheitstechnische Klassierung für Leichtwasserreaktoren (mit Modulen für bestehende und neue KKW) Safety classification of light-water reactors (with modules for existing and new nuclear power plants)	
G02	Spezifische Auslegungsgrundsätze für Leichtwasser-Reaktoren Specific design principles for light-water reactors	
G03	Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis Specific design principles for deep geological repositories and requirements for the safety case	2009/4
G04	Anforderungen an die Lagerung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente Requirements for storage of radioactive waste and spent fuel elements	
G05	Transport- und Lagerbehälter für die Zwischenlagerung Transport and storage containers for interim storage	2008/4
G06	Anforderungen an die Baudokumentation Requirements for construction and technical equipment documentation	
G07	Organisation von Kernanlagen Organisation des installations nucléaires Organisation of nuclear Installations	2008/4
G08	Anforderungen an die systematischen Sicherheitsbewertungen Requirements for the systematic safety assessments	
G09	Betriebsdokumentation Operation documentation	
G11	Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Planung, Herstellung und Montage Safety-classified vessels and piping: Planning, manufacturing and installation	2009/2

G-Richtlinien (Generelle Richtlinien) Fortsetzung

Nr.	Arbeitstitel/definitiver Titel	Datum der gültigen Ausgabe/ issue date
G12	Festlegungen von baulichen und organisatorischen Strahlenschutz-Massnahmen für den überwachten Bereich von Kernanlagen Determinations for structural and organisational measures in radiation protection for controlled areas of nuclear installations	
G13	Strahlenschutzmessmittel in Kernanlagen: Konzepte, Anforderungen und Prüfungen Radiation protection measuring devices in nuclear installations: Concepts, requirements and testing	2008/2
G14	Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen Calculation of radiation exposure in the vicinity due to emission of radioactive substances from nuclear installations	2009/12
G15	Strahlenschutzziele für Kernanlagen im Normalbetrieb Radiation protection objectives for nuclear installations in normal operation	

A-Richtlinien (Richtlinien für Anlagebegutachtung)

Nr.	Arbeitstitel/definitiver Titel	Datum der gültigen Ausgabe/ issue date
A01	Anforderungen an die deterministische Störfallanalyse für Kernanlagen: Umfang, Methodik und Randbedingungen der technischen Störfallanalyse Requirements for deterministic accident analysis for nuclear installations: Extent, methodology and boundary conditions for technical accident analysis	2009/7
A02	Gesuchsunterlagen für die Bau- und Betriebsbewilligung und der damit verbundenen Freigaben Application documents for the construction and the operating licence and associated permits	
A03	Anforderungen an die Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken Requirements for periodic safety review for nuclear power plants	
A04	Gesuchsunterlagen für freigabepflichtige Änderungen an Kernanlagen Application documents for modifications in nuclear power plants requiring a permit	2009/9
A05	Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Umfang und Qualität Probabilistic Safety Analysis (PSA): Quality and Scope	2009/1
A06	Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Anwendungen Probabilistic Safety Analysis (PSA): Applications	2008/5
A07	Methodik und Randbedingungen für die Störfallanalyse von Kernanlagen mit geringem Gefährdungspotenzial Methodology and boundary conditions for accident analysis in nuclear installations with low hazard potential	
A08	Quelltermanalyse: Umfang, Methodik und Randbedingungen Analysis of source terms: Extent, methodology and boundary conditions	

B-Richtlinien (Richtlinien für Betriebsüberwachung)

Nr.	Arbeitstitel/definitiver Titel	Datum der gültigen Ausgabe/ issue date
B01	Alterungsüberwachung Ageing management	
B02	Periodische Berichterstattung der Kernanlagen Periodical reporting for nuclear installations	2008/9
B03	Meldungen der Kernanlagen Reports for nuclear installations	2008/9
B04	Freimessung von Materialien und Bereichen aus kontrollierten Zonen Clearance of materials and areas from controlled zones	2009/8
B05	Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle Requirements for conditioning of radioactive waste	2007/2
B06	Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Instandhaltung Safety-related classified vessels and piping: maintenance	2009/4
B07	Sicherheitstechnische klassierte Behälter und Rohrleitungen: Qualifizierung der zerstörungsfreien Prüfungen Safety-related classified vessels and piping: Qualification of non-destructive testing	2008/9
B08	Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Zerstörungsfreie Wiederholungsprüfungen Safety-related classified vessels and piping: non-destructive in-service inspections	
B09	Erfassung und Meldung der Dosen des strahlenexponierten Personals in Kernanlagen Collecting and reporting of doses of personnel exposed to radiation in nuclear installations	
B10	Ausführungsbestimmungen zur Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen VAPK Implementation guideline of the ordinance on requirements on personnel in nuclear installations	
B11	Notfallübungen Exercices d'urgence Emergency exercises	2007/11
B12	Notfallschutz in Kernanlagen Emergency preparedness in nuclear installations	2009/4
B13	Anerkennung von Strahlenschutz-Ausbildungen und Fortbildungen Approval of radiation protection training and further education	
B14	Anforderungen an die Instandhaltung sicherheitstechnisch klassierter elektrischer und leittechnischer Einrichtungen in Kernanlagen Requirements for maintenance of electrical and instrumentation and control equipment classified important to safety in nuclear installations	

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

Nr.	Arbeitstitel/definitiver Titel	Datum der gültigen Ausgabe/ issue date
R-4	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken, Projektierung von Bauwerken Supervisory procedures for the construction of nuclear power plants, project engineering of structures	1990/12
R-6	Sicherheitstechnische Klassierung, Klassengrenzen und Bauvorschriften für Ausrüstungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren Safety-related classification, classification limits and procedures for construction of equipment in nuclear power plants with light-water reactors	1985/5
R-7	Richtlinien für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts Guideline for the area of radiation protection of the nuclear installations and the Paul Scherrer Institute	1995/6
R-8	Sicherheit der Bauwerke für Kernanlagen, Prüfverfahren des Bundes für die Bauausführung Structural safety for nuclear power plants, Swiss Federal supervising procedures for construction work	1976/5
R-11	Strahlenschutzziele im Normalbetrieb von Kernanlagen Objectifs de la protection des personnes contre les radiations ionisantes dans la zone d'influence des centrales nucléaires Aims in radiation protection for normal operation of nuclear installations	2003/5
R-12	Erfassung und Meldung der Dosen des strahlenexponierten Personals der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts Collecting and reporting of doses of personnel exposed to radiation in nuclear installations and the Paul Scherrer Institute	1997/10
R-16	Seismische Anlageninstrumentierung Seismic installation instrumentation	1980/2
R-23	Revisionen, Prüfungen, Ersatz, Reparaturen und Änderungen an elektrischen Ausrüstungen in Kernanlagen Maintenance, inspections, replacements, repair and modification of electrical equipment in nuclear installations	2003/1
R-27	Auswahl, Ausbildung und Prüfung des lizenzpflichtigen Betriebspersonals von Kernkraftwerken Selection, training and examination of operational staff requiring a licence in nuclear power plants	1992/5
R-29	Anforderungen an die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle Requirements for interim storage of radioactive waste	2004/3
R-30	Aufsichtsverfahren beim Bau und Betrieb von Kernanlagen Supervisory procedures for construction and operation of nuclear installations	1992/7
R-31	Aufsichtsverfahren beim Bau und dem Nachrüsten von Kernkraftwerken, 1E klassierte elektrische Ausrüstungen Supervisory procedures for construction and backfitting of nuclear power plants, 1E classified electrical equipments	2003/10

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

Nr.	Arbeitstitel/definitiver Titel	Datum der gültigen Ausgabe/ issue date
R-35	Aufsichtsverfahren bei Bau und Änderungen von Kernkraftwerken, Systemtechnik Supervisory procedures for construction and modification of nuclear power plants, systems technology	1996/5
R-37	Anerkennung von Strahlenschutz-Ausbildungen und -Fortbildungen im Aufsichtsbereich der HSK Acknowledgement of radiation training and further education in the supervising area of HSK	2001/7
R-39	Erfassung der Strahlenquellen und Werkstoffprüfer im Kernanlagenareal Collecting data of radiation sources and material testers in nuclear installations	1990/1
R-40	Gefilterte Druckentlastung für den Sicherheitsbehälter von Leichtwasserreaktoren, Anforderungen für die Auslegung Filtered containment venting of light-water reactors. Design requirements	1993/3
R-46	Anforderungen für die Anwendung von sicherheitsrelevanter rechnerbasierter Leittechnik in Kernkraftwerken Requirements for the application of computer-based instrumentation and control important to safety in nuclear power plants	2005/4
R-48	Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken Periodic safety review of nuclear power plants	2001/11
R-49	Sicherheitstechnische Anforderungen an die Sicherung von Kernanlagen Requirements important to safety for security of nuclear installations	2003/12
R-50	Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen Requirements important to safety for fire protection in nuclear installations	2003/3
R-51	Alterungsüberwachung für mechanische und elektrische Ausrüstungen sowie Bauwerke in Kernanlagen Ageing management for mechanical and electrical equipment and structures in nuclear installations	2004/11
R-60	Überprüfung der Brennelementherstellung Supervision of fuel element production	2003/3
R-61	Aufsicht beim Einsatz von Brennelementen und Steuerstäben in Leichtwasserreaktoren Supervisory procedures when using nuclear fuel and control-rods in light-water reactors	2004/6
R-101	Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasser-Reaktoren Design criteria for safety systems of nuclear power plants with light-water reactors	1987/5
R-102	Auslegungskriterien für den Schutz von sicherheitsrelevanten Ausrüstungen in Kernkraftwerken gegen die Folgen von Flugzeugabsturz Design criteria for the protection of safety equipment in nuclear power stations against the consequences of airplane crash	1986/12
R-103	Anlageninterne Massnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle On-site severe accident measures	1989/11

Figur 1

Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 2000–2009

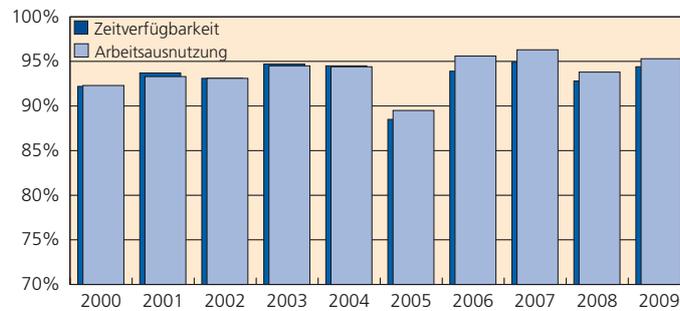
KKB 1, 2



KKM



KKG



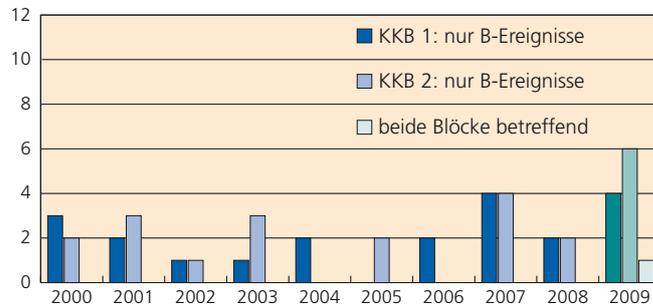
KKL



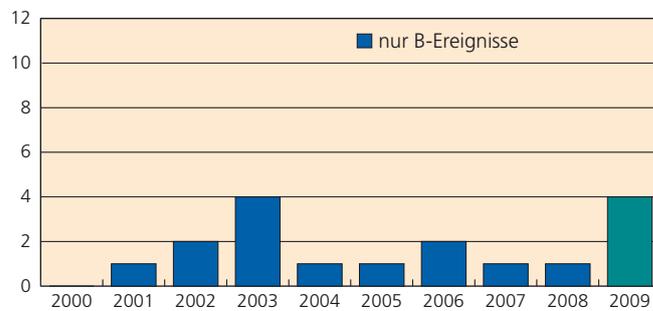
Figur 2

Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse, 2000–2008 sowie meldepflichtige Vorkommnisse im Bereich der nuklearen Sicherheit 2009. Aufgrund der geänderten Meldekriterien können die Zahlen vor 2009 nicht mit denjenigen von 2009 verglichen werden.

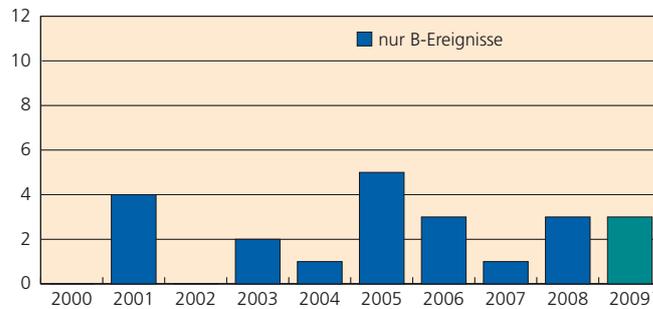
KKB 1, 2



KKM

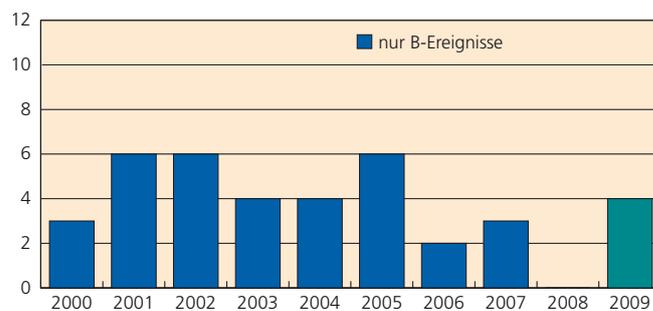


KKG



* inkl. das im März gemeldete Vorkommnis von 2008

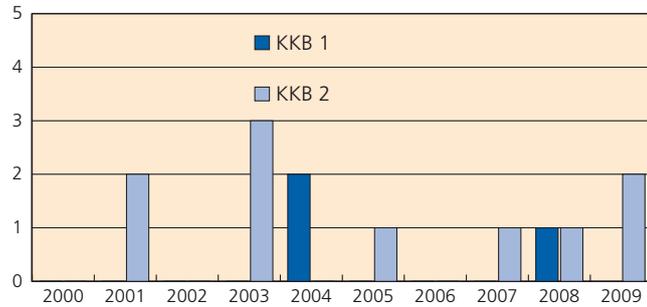
KKL



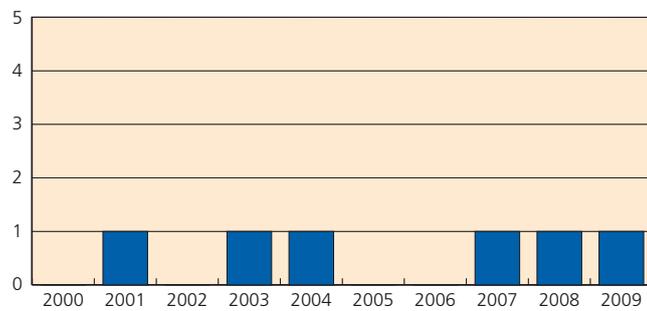
Figur 3

Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 2000–2009

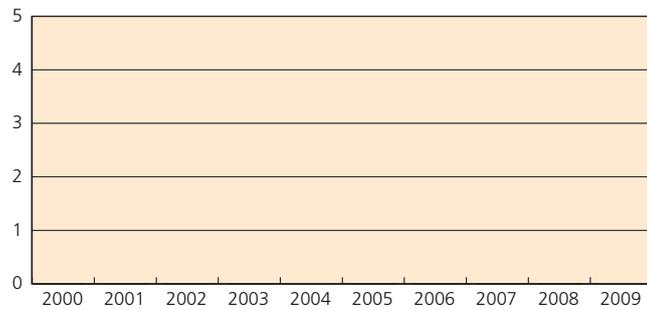
KKB 1, 2



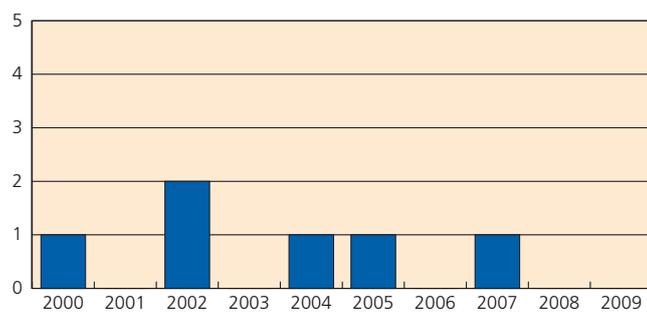
KKM



KKG



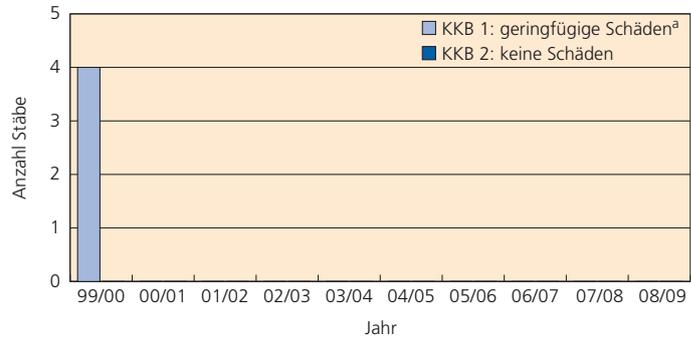
KKL



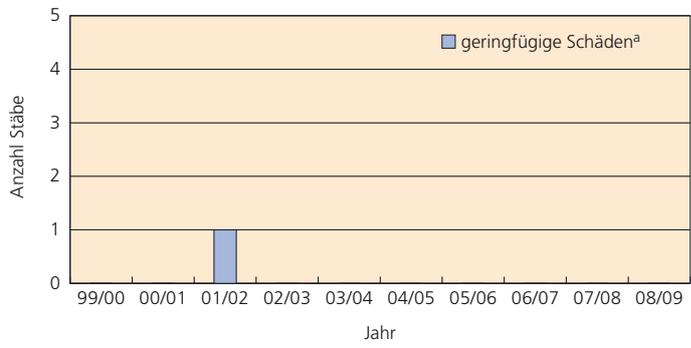
Figur 4

Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 2000–2009

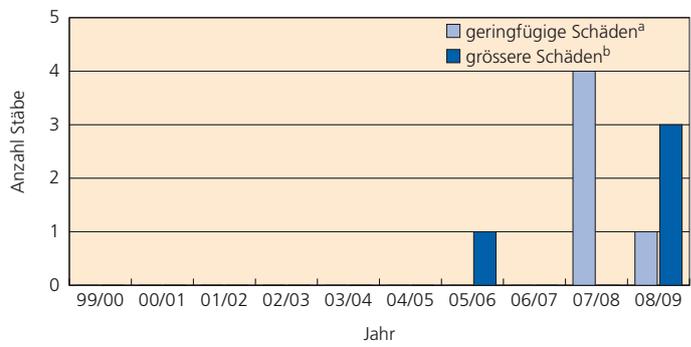
KKB 1, 2



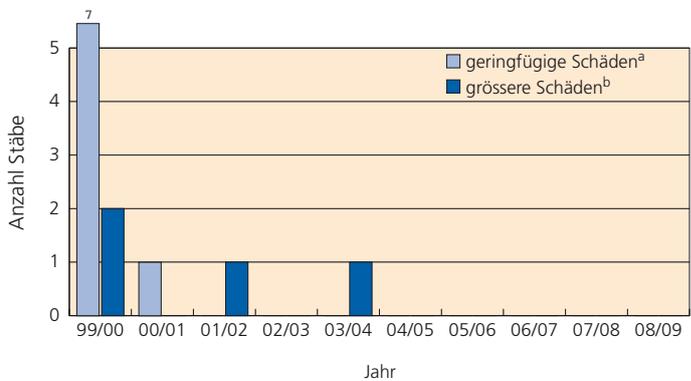
KKM



KKG



KKL

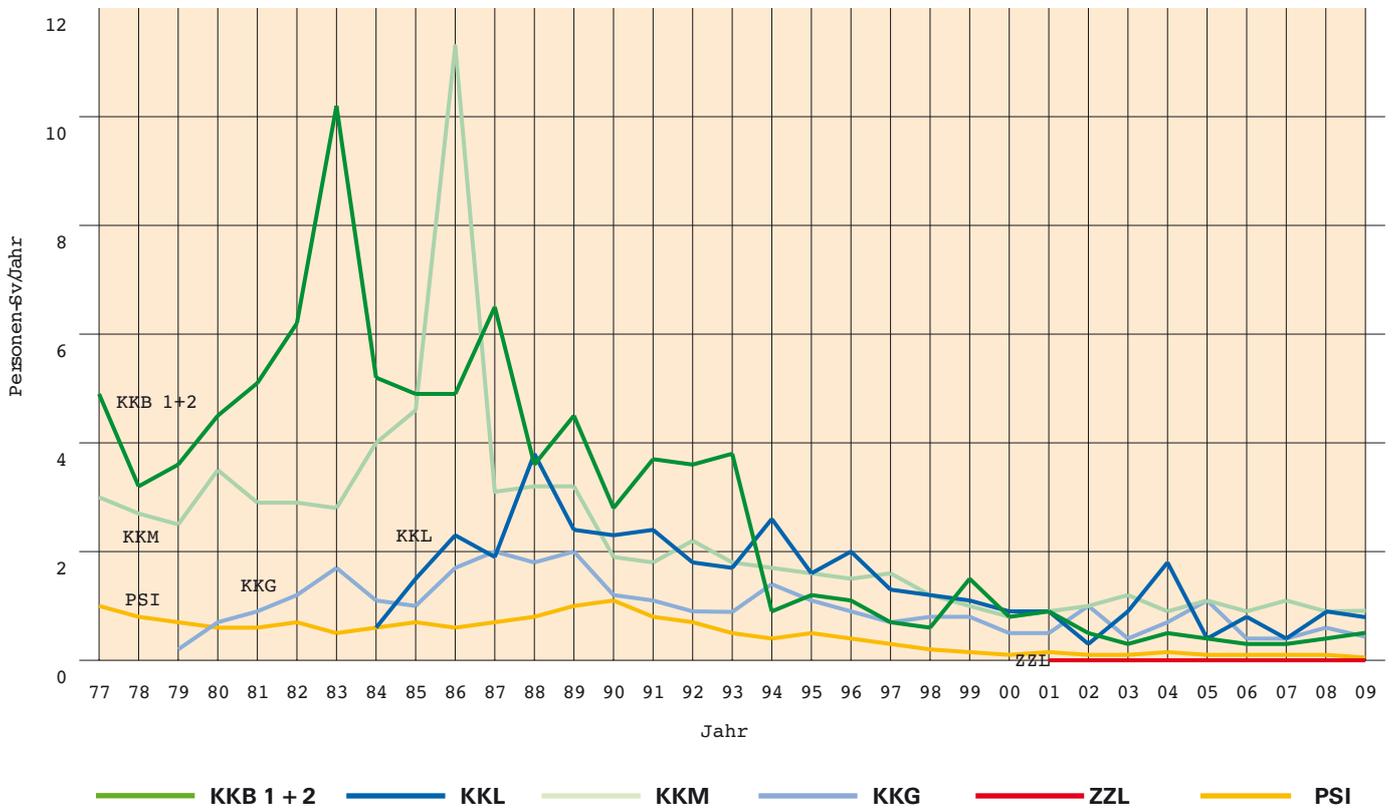


^a z.B. Haarrisse im Hüllrohr

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

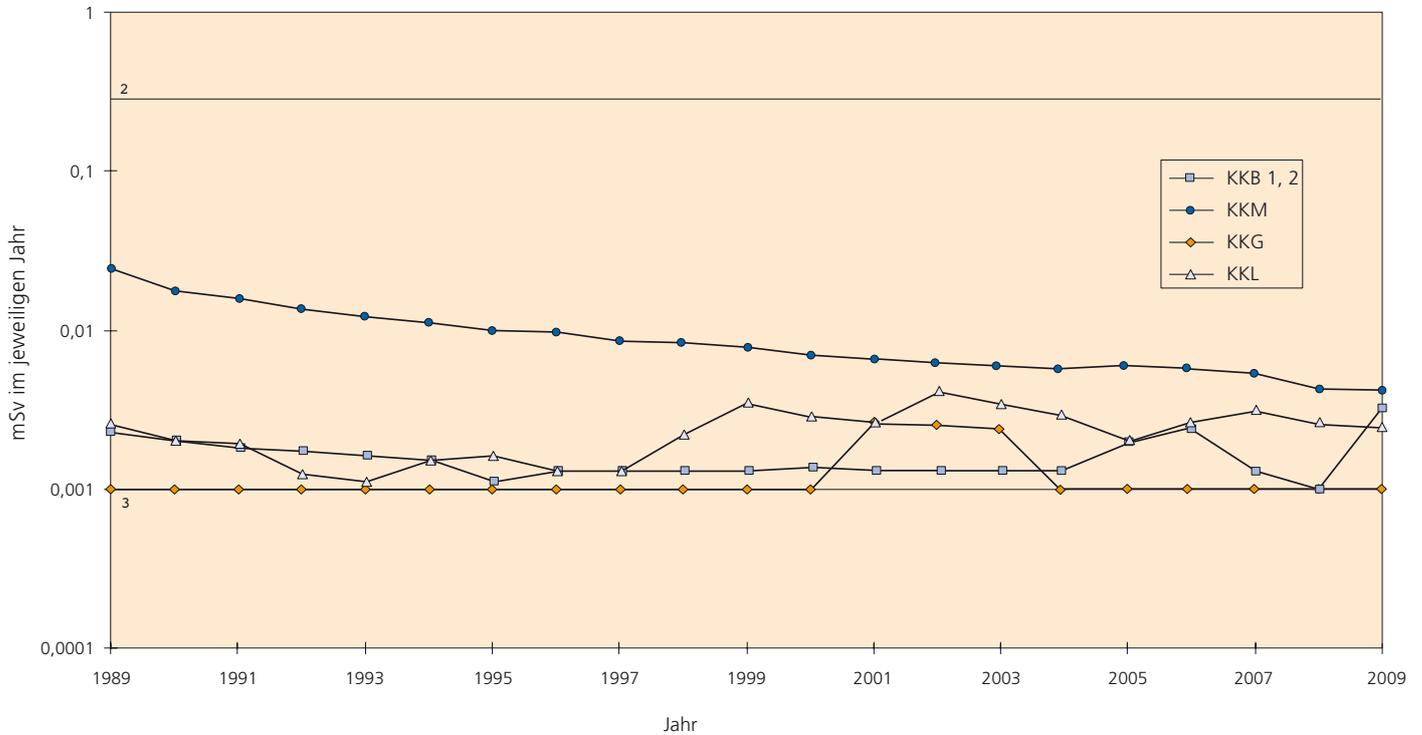
Figur 5

Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1977–2009



Figur 6

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



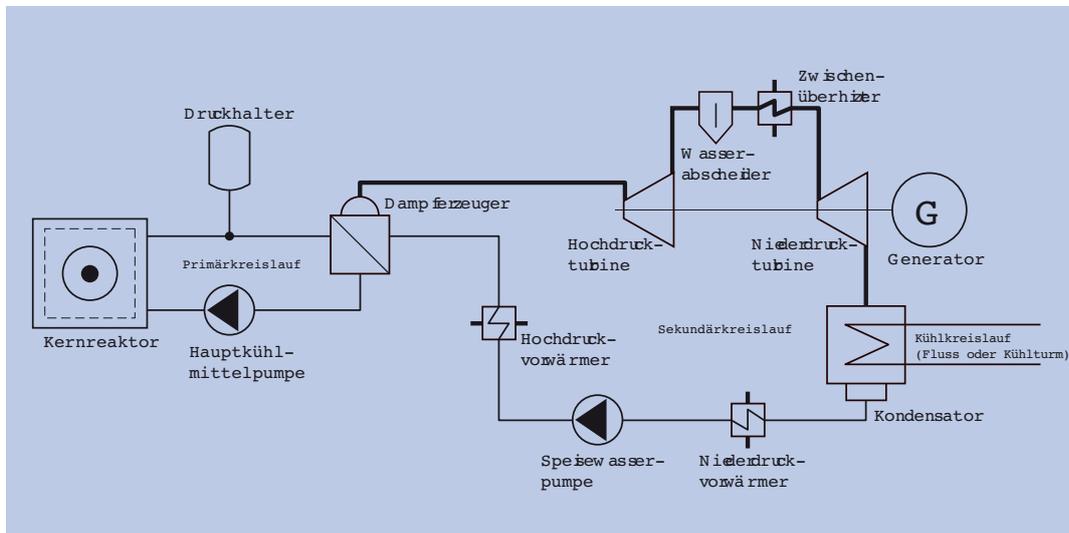
¹ Fiktive erwachsene Person, die sich dauernd am kritischen Ort aufhält, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort bezieht und nur Trinkwasser aus dem Fluss unterhalb des jeweiligen Kernkraftwerks konsumiert. An diesem Ort ist der Dosisbeitrag durch die Direktstrahlung aus den Kernanlagen vernachlässigbar.

² Quellenbezogener Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr (StSV Art. 7, Richtlinie R-11).

³ Werte kleiner als 0,001 mSv werden in der Figur nicht dargestellt.

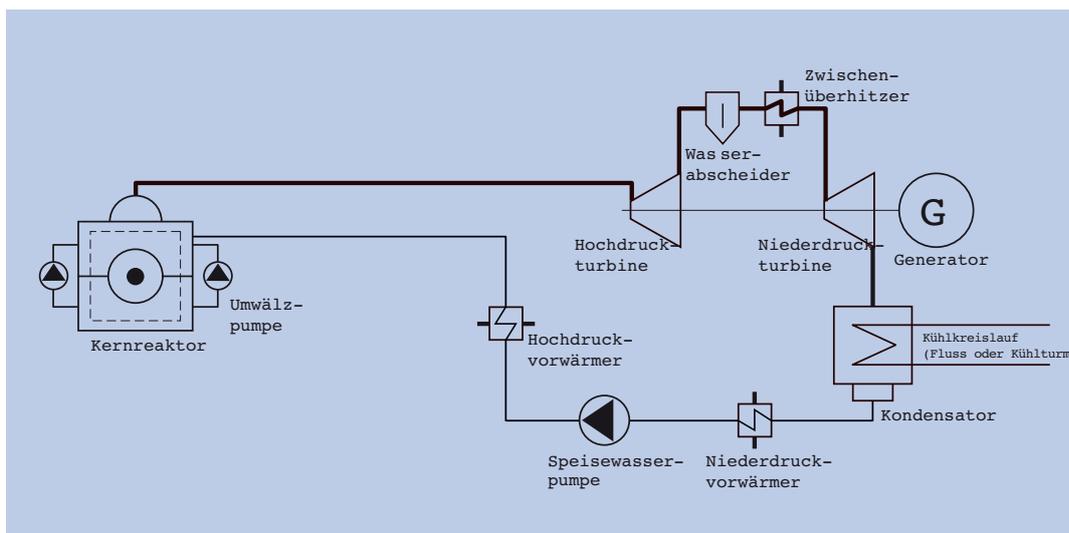
Figur 7a

Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit **Druckwasserreaktor**



Figur 7b

Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit **Siedewasserreaktor**



Verzeichnis der Abkürzungen

ADAM	Accident Diagnostics, Analysis and Management
ADR	European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
AIRS	Advanced Incident Reporting System
ALARA	«As low as reasonably achievable» (so gering wie vernünftigerweise erreichbar) Konzept der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) zur Dosisbegrenzung
AM	Accident Management
ANPA	System zur automatischen Übertragung der Anlageparameter der KKW zum ENSI
AÜP	Alterungsüberwachungsprogramm
ASME	American Society of Mechanical Engineers
<hr/>	
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BFE	Bundesamt für Energie
Bq	Becquerel
BZL	Bundeszwischenlager
BE	Brennelement
<hr/>	
CFS	Commission franco-suisse de sûreté nucléaire et de radioprotection
CIS/DAISY	Chemie Informationssystem/Daten-Analyse- und Informationssystem
CNS	Convention on Nuclear Safety
<hr/>	
DSK	Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen
DWR	Druckwasserreaktor
<hr/>	
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EOR	Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
<hr/>	
GSKL	Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleiter
GWh	Gigawattstunde = 10^9 Wattstunden
<hr/>	
HAA	Hochradioaktive Abfälle
HRA	Human Reliability Analysis
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen
<hr/>	
IAEA	International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergieagentur), Wien
IGA	Institut de Génie Atomique, Lausanne
INES	International Nuclear Event Scale (Internationale Ereignisskala)
IRA	Institut de radiophysique appliquée, Lausanne
IRS	Incident Reporting System
<hr/>	
KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt

KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk
KNE	Kommission Nukleare Entsorgung
KNS	Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit
KOMABC	Eidgenössische Kommission für ABC Schutz
KSA	Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen
KSR	Eidgenössische Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität
kV	Kilovolt = 10^3 Volt, Spannungseinheit

LAR	Leitender Ausschuss Radioaktivität
LMA	Langlebige mittelradioaktive Abfälle
LOCA	Loss of coolant accident
LWR	Leichtwasserreaktor

MAA	Mittelradioaktive Abfälle
MADUK	Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernanlagen
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MOX	Uran-Plutonium-Mischoxid
mSv	Millisievert = 10^{-3} Sievert
μ Sv	Mikrosievert = 10^{-6} Sievert
MW	Megawatt = 10^6 Watt, Leistungseinheit
MWe	Megawatt elektrische Leistung
MWth	Megawatt thermische Leistung

NADAM	Netz für die automatische Dosisleistungsmessung und -alarmierung
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NAZ	Nationale Alarmzentrale, Zürich
NEA	Nuclear Energy Agency, Kernenergieagentur der OECD, Paris
NFO	Notfallorganisation
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke AG
NRC	Nuclear Regulatory Commission, USA
NTB	Nagra Technischer Bericht

OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OSART	Operational Safety Review Team (IAEA)

Pers.-mSv	Personen-Millisievert = 10^{-3} Personen-Sievert
Pers.-Sv	Personen-Sievert = Kollektivstrahlendosis
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSI	Paul Scherrer Institut, Würenlingen und Villigen
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung

QM	Qualitätsmanagement
QS	Qualitätssicherung

RCIC	Reaktorkernisolations-Kühlsystem
RDB	Reaktordruckbehälter
REFUNA	Regionale Fernwärmeversorgung Unteres Aaretal
RID	Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail

SAA	Schwachradioaktive Abfälle
SAMG	Severe Accident Management Guidance
SMA	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle
StSG	Strahlenschutzgesetz
StSV	Strahlenschutzverordnung
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Luzern
Sv	Sievert = Strahlendosisäquivalent (1 Sv = 100 rem)
SVTI	Schweizerischer Verein für Technische Inspektionen
SWR	Siedewasserreaktor
<hr/>	
TBq	Terabecquerel (1 TBq = 10 ¹² Bq)
TL-Behälter	Transport- und Lagerbehälter
TLD	Thermolumineszenz-Dosimeter
<hr/>	
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
<hr/>	
WANO	World Association of Nuclear Operators
WENRA	Western European Nuclear Regulators' Association
Wh	Wattstunde
<hr/>	
ZWIBEZ	Zwischenlager für radioaktive Abfälle, KKW Beznau
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG

Impressum

ENSI Aufsichtsbericht 2009

Herausgeber

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
CH-5232 Brugg

Telefon 0041 (0)56 460 84 00

Telefax 0041 (0)56 460 84 99

zu beziehen bei

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Informationsdienst

CH-5200 Brugg

oder per E-Mail

Info@ensi.ch

Übersetzungen

Dieser Aufsichtsbericht enthält das Vorwort und die Zusammenfassung in den Sprachen Deutsch, Französisch und Englisch.

Zusätzlich zu diesem Aufsichtsbericht...

...informiert das ENSI in drei weiteren jährlichen Berichten aus seinem Arbeits- und Aufsichtsgebiet.

abrufbar unter

www.ensi.ch

ENSI-AN-7200

ISSN 1661-2876

© ENSI, April 2010

ENSI-AN-7200
ISSN 1661-2876

ENSI, CH-5200 Brugg, Industriestrasse 19, Telefon +41 (0)56 460 84 00, Fax +41 (0)56 460 84 99, www.ensi.ch