



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen HSK
Division principale de la sécurité des installations nucléaires DSN
Divisione principale della sicurezza degli impianti nucleari DSN
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate HSK



Aufsichtsbericht 2007

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

HSK-AN-6500
ISSN 1661-2876

HSK, CH-5232 Villigen-HSK (Schweiz), Telefon +41 (0)56 310 38 11, Fax +41 (0)56 310 39 95 und +41 (0)56 310 39 07, www.hsk.ch

Aufsichtsbericht 2007

über die nukleare Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

Rapport de Surveillance 2007

sur la sécurité nucléaire dans les installations nucléaires en Suisse

Regulatory Oversight Report 2007

concerning nuclear safety in Swiss nuclear installations

Inhalt

Vorwort	4
<i>Préface</i>	7
<i>Preface</i>	10
Zusammenfassung und Übersicht	13
<i>Résumé et aperçu</i>	16
<i>Summary and overview</i>	19
Organigramm	22
1. Kernkraftwerk Beznau	23
1.1 Überblick	23
1.2 Betriebsgeschehen	24
1.3 Anlagentechnik	27
1.4 Strahlenschutz	30
1.5 Radioaktive Abfälle	31
1.6 Notfallbereitschaft	32
1.7 Personal und Organisation	33
1.8 Sicherheitsbewertung	34
2. Kernkraftwerk Mühleberg	37
2.1 Überblick	37
2.2 Betriebsgeschehen	38
2.3 Anlagentechnik	39
2.4 Strahlenschutz	42
2.5 Radioaktive Abfälle	44
2.6 Notfallbereitschaft	45
2.7 Periodische Sicherheitsüberprüfung 2005	45
2.8 Personal und Organisation	46
2.9 Sicherheitsbewertung	47
3. Kernkraftwerk Gösgen	49
3.1 Überblick	49
3.2 Betriebsgeschehen	50
3.3 Anlagentechnik	50
3.4 Strahlenschutz	54
3.5 Radioaktive Abfälle	55
3.6 Notfallbereitschaft	55
3.7 Personal und Organisation	55
3.8 Sicherheitsbewertung	56
4. Kernkraftwerk Leibstadt	59
4.1 Überblick	59
4.2 Betriebsgeschehen	60
4.3 Anlagentechnik	63
4.4 Strahlenschutz	65
4.5 Radioaktive Abfälle	66
4.6 Notfallbereitschaft	67
4.7 Personal und Organisation	67
4.8 Sicherheitsbewertung	68
5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen	71
5.1 Zwischenlagergebäude	71
5.2 Konditionierungsanlage	73
5.3 Verbrennungs- und Schmelzanlage	73
5.4 Strahlenschutz	73

5.5	Notfallbereitschaft ZWILAG	74
5.6	Personal und Organisation	74
5.7	Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen	75
5.8	Gesamtbeurteilung	75
6.	Paul Scherrer Institut (PSI)	77
6.1	Die Kernanlagen des PSI	77
6.2	Forschungsreaktor PROTEUS	77
6.3	Rückbau des Forschungsreaktors SAPHIR	78
6.4	Rückbau des Forschungsreaktors DIORIT	78
6.5	Hotlabor	78
6.6	Behandlung radioaktiver Abfälle	79
6.7	Lagerung radioaktiver Abfälle	79
6.8	Vorkommnisse	79
6.9	Strahlenschutz	80
6.10	Notfallbereitschaft	80
6.11	Personal und Organisation	81
6.12	Strahlenschutz-Schule	81
6.13	Gesamtbeurteilung	81
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	87
9.	Anlagenübergreifende Themen	89
9.1	Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management	89
9.2	Übereinkommen über nukleare Sicherheit	92
10.	Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle	93
10.1	Sachplan geologische Tiefenlager	93
10.2	Schwach- und mittelaktive Abfälle	93
10.3	Hochaktive Abfälle	93
10.4	Felslaboratorien	93
Anhang		95
	Verzeichnis der Abkürzungen	121

Vorwort



Energiepolitische Zeitenwende

Im Jahr 2007 wurden wesentliche energiepolitische Weichen gestellt, die für die Arbeit der HSK wegweisend sind: Die Energiestrategie des Bundesrates, das neue Stromversorgungsgesetz, das Konzept zum Sachplan geologische Tiefenlagerung und die Verabschiedung des ENSI-Gesetzes.

Im Februar 2007 beschloss der Bundesrat eine neue Energiepolitik, die auf vier Säulen beruht: Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Grosskraftwerke und Verstärkung der internationalen Zusammenarbeit. Wörtlich schreibt der Bundesrat in seiner Mitteilung vom 21. Februar 2007: *«Der Bundesrat setzt weiterhin auf Kernenergie. Er erachtet den Ersatz der bestehenden oder den Neubau von Kernkraftwerken als notwendig.»* Der Bundesrat ist überzeugt, dass damit mittel- und langfristige eine sichere Stromversorgung der Schweiz gewährleistet werden kann. Die Industrie hat diesen Entscheid aufgenommen und bereits angekündigt, dass sie Ende 2008/Anfang 2009 Rahmenbewilligungsgesuche für mindestens zwei neue Kernkraftwerke einreichen werde.

Nach dieser Ankündigung des Bundesrates haben wir innerhalb der HSK eine eigene Projektgruppe «neue Kernkraftwerke» geschaffen. Diese Gruppe hat eine Reihe von Aufgaben: Sie muss erstens die gesetzlichen Vorgaben für ein Rahmenbewilligungsgesuch konkretisieren, die Wissensbasis über neue Reaktorkonzepte erarbeiten, diese sicherheitstechnisch bewerten und die Grundlagen für die Anforderungen zum Bau eines neuen Kernkraftwerks zusammenstellen. Die Auslegungsan-

forderungen für neu zu errichtende Kernkraftwerke werden noch strenger sein als für die heute in Betrieb stehenden fünf schweizerischen Anlagen, da insbesondere die Entwicklung im Bereich von Wissenschaft und Technik sowie die Erfahrungen, die weltweit aus dem Betrieb der Kernkraftwerke gewonnen wurden, zu berücksichtigen sein werden.

Für die HSK bleibt jedoch die Aufsicht über die heute in Betrieb stehenden Anlagen eine prioritäre Aufgabe und daran werden wir nicht rütteln. Gemäss Kernenergiegesetz kann eine Anlage solange betrieben werden, als sie sicher ist. Es ist unser Auftrag, dafür zu sorgen, dass die Sicherheit einer Kernanlage immer gewährleistet ist, unabhängig von ihrem Alter.

Von den Auswirkungen der Strommarktliberalisierung gemäss neuem Stromversorgungsgesetz wird die HSK eher am Rande betroffen sein. Hier geht es vor allem darum, sicherzustellen, dass durch die Liberalisierung und den damit möglicherweise verbundenen neuen Anforderungen an die Stromnetze keine negativen Einflüsse auf den Betrieb der Kernkraftwerke entstehen. Netzstörungen können Transienten und Schnellabschaltungen in Kernkraftwerken auslösen. Auch in einem liberalisierten Elektrizitätsmarkt muss eine hohe Netzzuverlässigkeit gewährleistet sein.

Das Konzept zum Sachplan geologische Tiefenlager ist 2007 entscheidende Schritte vorangekommen. Mit dem Sachplanverfahren wird die konkrete Standortsuche transparent und nachvollziehbar durchgeführt. In einem dreistufigen Verfahren werden Standorte bestimmt. Dieses Verfahren gewährleistet eine umfassende Information und Mitwirkung der Bevölkerung der Schweiz und der Nachbarstaaten. Die von der HSK erarbeiteten Sicherheitskriterien sind wesentlicher Bestandteil des Sachplanverfahrens. Das Verfahren stellt zudem klar fest, dass bei der Standortwahl die Sicherheit Priorität hat. Andere Kriterien, insbesondere auch die sozioökonomischen Kriterien,

sind den Sicherheitsaspekten untergeordnet. Aus Sicht der HSK ist dies ein wichtiges Element im gesamten Verfahren und entscheidend für Schutz von Mensch und Umwelt auch über lange Zeiträume hinweg.

Die Akzeptanz der betroffenen Bevölkerung ist eine wichtige Voraussetzung für den Bau eines Tiefenlagers. Hier ist noch viel Arbeit zu leisten und hier ist auch die Politik gefordert. Die Sorgen und Ängste der Bevölkerung müssen wir ernst nehmen und darauf eingehen. Wir müssen der betroffenen Bevölkerung aufzeigen, dass geologische Tiefenlager sicher betrieben werden können, keine radiologischen Auswirkungen auf die Umgebung zu befürchten sind und weder die Landwirtschaft noch andere Tätigkeiten dadurch beeinträchtigt werden. Aus meiner persönlichen Sicht ist es unzulässig, aus rein ideologischen Gründen ein geologisches Tiefenlager zu verhindern. Damit würde die Verantwortung gegenüber unseren Nachkommen nicht wahrgenommen. Bundesrat Leuenberger hat dazu anlässlich der internationalen Entsorgungstagung, die im Oktober 2007 in Bern stattfand, gesagt: *«Egal, ob wir für oder gegen Kernenergie sind; egal, ob wir Strom aus einem KKW brauchen oder nicht; egal, ob wir seinerzeit für oder gegen KKW demonstriert haben: Alle von uns tragen Verantwortung für die sichere Entsorgung radioaktiver Abfälle. Die kollektive Verantwortung kommt vor individueller Gesinnung.»*

Von der HSK zum ENSI

2007 wurde das ENSI-Gesetz vom Parlament beraten und verabschiedet. Mit diesem Gesetz erhält die HSK die notwendige rechtliche Grundlage für den Übergang ins Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI). Die heutige Zuordnung der HSK zum Bundesamt für Energie (BFE) hat seit einigen Jahren immer wieder zu Diskussionen geführt, denn das internationale Übereinkommen über nukleare Sicherheit und das Kernenergiegesetz verlangen die Unabhängigkeit der

nuklearen Aufsichtsbehörde von Institutionen, die in irgendeiner Weise für die Energienutzung zuständig sind – und dies ist eine der Kernaufgaben des BFE. Dies könnte zu Interessenkonflikten zwischen Nutzungs- und Sicherheitsaspekten im Bereich der Kernenergie führen. Obwohl die HSK de facto schon immer selbstständig in ihren Entscheidungen betreffend der Sicherheit von Kernanlagen war, wird mit der Loslösung vom BFE und dem Übergang der HSK ins ENSI die Unabhängigkeit der nuklearen Aufsichtsbehörde nun auch formal verwirklicht. Die Schweiz erfüllt damit das Übereinkommen über nukleare Sicherheit vollständig. Das ENSI wird eine öffentlich-rechtliche Anstalt sein wie beispielsweise die SUVA, das Institut für geistiges Eigentum oder die Swissmedic. Als ENSI werden wir funktionell, institutionell und finanziell unabhängig sein. Wir werden dem ENSI-Rat, einer Art Verwaltungsrat, Rechenschaft ablegen müssen. Er ist seinerseits dem Bundesrat Rechenschaft schuldig und muss ihm jährlich Bericht erstatten. Zudem wird das ENSI durch eine Revisionsstelle regelmässig überprüft werden.

Am 17. Oktober 2007 hat der Bundesrat Teile des ENSI-Gesetzes in Kraft gesetzt und gleichzeitig die Mitglieder des ENSI-Rats und mit Dr. Peter Hufschmied den ersten Präsidenten gewählt. Der ENSI-Rat hat seine Arbeit am 1. Januar 2008 aufgenommen. Die HSK selbst wird erst auf den 1. Januar 2009 die formale Unabhängigkeit erlangen und dann als ENSI ihre Aufsichtstätigkeit weiterführen.

Diese gestaffelte Inkraftsetzung des ENSI-Gesetzes ist notwendig, da der ENSI-Rat einer Reihe von organisatorischen Reglementen zustimmen muss, die entweder vom Bundesrat oder von ihm direkt erlassen werden. 2008 wird also ein Übergangsjahr sein. Die HSK wird also 2008 administrativ noch dem BFE angegliedert sein, obwohl der ENSI-Rat bereits aktiv ist.

Bereits seit dem 1. Januar 2008 sind die HSK und später das ENSI zuständig für den Bereich Siche-

rung in Kernanlagen. Unter Sicherung verstehen wir Massnahmen, die ergriffen werden, um unerwünschte Einwirkungen Dritter zu verhindern. Es geht hierbei um Terrorschutz. Sicherung und Sicherheit sind eng miteinander verknüpft. Alle Massnahmen, die zur Verbesserung der Sicherung getroffen werden, können auch Auswirkungen auf die Sicherheit haben und umgekehrt. Schon aus diesem Grunde ist eine Zusammenlegung dieser beiden Bereiche sinnvoll. Sie entspricht auch dem internationalen Trend.

Mit der teilweisen Inkraftsetzung des ENSI-Gesetzes hat der Bundesrat auch eine Änderung des Kernenergiegesetzes beschlossen. Neu hat er anstelle der bisherigen Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) die Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) eingesetzt. Die KNS soll als

beratendes Organ des Bundesrats, des UVEK und des ENSI zu grundsätzlichen Fragen der nuklearen Sicherheit und zu sicherheitstechnischen Gutachten des ENSI Stellung nehmen. Sie wirkt zudem an Gesetzgebungsarbeiten im Bereich der nuklearen Sicherheit mit.

Die HSK stellt sich den neuen Herausforderungen und ist bereit, diese mit Engagement und Fachkenntnis zu erfüllen. Das ENSI bringt günstige Rahmenbedingungen, um die bisherigen und die neuen Aufgaben optimal wahrnehmen zu können.



U. Schmocker

Préface

Tournant dans la politique énergétique

En 2007, la politique énergétique s'est engagée sur une voie essentielle ouvrant de nouvelles perspectives pour le travail de la DSN: la stratégie énergétique du Conseil fédéral, la nouvelle loi sur l'approvisionnement en électricité, le concept relatif au plan sectoriel «Dépôt en couches géologiques profondes» et l'adoption de la loi sur l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN).

En février 2007, le Conseil fédéral a décidé d'une nouvelle politique énergétique reposant sur quatre piliers: l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables, les grandes centrales électriques et le renforcement de la coopération internationale. Dans son communiqué du 21 février 2007, le Conseil fédéral dit expressément qu'il continuera de miser sur l'énergie nucléaire. Il considère que les centrales nucléaires existantes doivent être remplacées ou complétées par de nouvelles constructions. Le Conseil fédéral est convaincu de pouvoir garantir ainsi, à moyen et à long terme, la sécurité de l'approvisionnement en énergie de la Suisse. L'industrie a accepté cette décision et déjà annoncé qu'elle présenterait fin 2008/début 2009 des demandes d'autorisation générale pour au moins deux nouvelles centrales nucléaires.

Suite à cette annonce du Conseil fédéral, nous avons créé au sein de la DSN notre propre groupe de projet baptisé «Nouvelles centrales nucléaires». Ce groupe s'est imposé une série de tâches: il doit d'abord concrétiser les définitions légales pour une demande d'autorisation générale, élaborer la base de connaissances sur de nouveaux modèles de réacteur, en évaluer la sécurité et réunir les bases nécessaires à la construction d'une nouvelle centrale nucléaire. Les impératifs de dimensionnement de nouvelles centrales nucléaires à construire seront encore plus sévères que ceux des cinq installations suisses actuellement en service, vu qu'il faudra tenir compte notamment des

développements scientifiques et techniques ainsi que des expériences d'exploitation des centrales nucléaires acquises dans le monde entier.

La surveillance des installations actuellement en service reste toutefois une tâche prioritaire pour la DSN, et nous ne reviendrons pas sur ce point. Conformément à la loi sur l'énergie nucléaire, une installation peut être exploitée aussi longtemps qu'elle est sûre. Nous avons pour tâche de veiller à ce que la sûreté d'une installation nucléaire soit toujours garantie, indépendamment de son âge.

Les effets de la libéralisation du marché de l'électricité selon la nouvelle loi sur l'approvisionnement en électricité ne toucheront la DSN que de manière marginale. Il s'agit ici surtout de garantir que la libéralisation du marché et les nouvelles exigences posées aux réseaux électriques pouvant y être liées n'influenceront pas négativement le fonctionnement des centrales nucléaires. Des perturbations de réseau peuvent déclencher des transitoires et des arrêts d'urgence dans les centrales nucléaires. Un marché de l'électricité libéralisé se doit aussi de garantir une fiabilité élevée du réseau.

En 2007, le concept relatif au plan sectoriel «Dépôt en couches géologiques profondes» a progressé de manière décisive. La procédure du plan sectoriel permet une recherche de site concrète, réalisée dans la transparence. Les sites sont définis dans le cadre d'une procédure en trois étapes. Cette procédure garantit une information complète ainsi que la participation de la population de la Suisse et des Etats voisins. Les critères de sécurité élaborés par la DSN sont un élément essentiel de la procédure du plan sectoriel. La procédure fixe par ailleurs clairement que la sécurité est prioritaire lors du choix du site. D'autres critères, notamment les critères socio-économiques, viennent après les aspects sécuritaires. Pour la DSN, c'est un élément important dans l'ensemble de la procédure, déterminant pour la protection des hommes et de l'environnement, également sur de longs espaces de temps.

L'acceptation de la population concernée est une condition importante pour la construction d'un dépôt en profondeur. Il y a ici encore beaucoup de travail à fournir et la politique doit aussi intervenir. Nous devons prendre au sérieux et comprendre les soucis et les peurs de la population. Nous devons montrer à la population concernée qu'il est possible d'exploiter de manière sûre des dépôts en couches géologiques profondes, qu'il ne faut pas craindre d'effets radiologiques sur l'environnement, et que ni le paysage, ni d'autres activités n'en seront influencés. Personnellement, je pense qu'il est inadmissible d'empêcher la construction d'un dépôt en couches géologiques profondes pour des raisons purement idéologiques. Nous n'assumerions ainsi pas notre responsabilité envers nos enfants. A ce propos, le Conseiller fédéral Leuenberger a dit lors de la conférence internationale sur la gestion des déchets nucléaire qui a eu lieu à Berne en octobre 2007: «Qu'importe que nous soyons pour ou contre l'énergie nucléaire; qu'importe que nous consommons de l'électricité d'origine nucléaire ou non; qu'importe que nous ayons manifesté un temps pour ou contre les centrales nucléaires: nous sommes tous responsables de l'évacuation sûre des déchets radioactifs. La responsabilité collective vient avant l'opinion individuelle.»

De la DSN à l'IFSN

En 2007, le Parlement a discuté et adopté la loi sur l'IFSN. Cette loi offre à la DSN la base légale nécessaire à son passage à l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN). La DSN faisant actuellement partie de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), cette situation a donné lieu à des discussions récurrentes depuis quelques années, car la Convention internationale sur la sûreté nucléaire et la loi sur l'énergie nucléaire exigent que des autorités nucléaires de surveillance soient indépendantes d'institutions responsables d'une manière ou d'une autre de l'utilisation de l'énergie; or c'est là une des tâches essentielles de l'OFEN. Cette situation pourrait conduire à des conflits d'intérêts entre les aspects de l'utilisation et ceux de la sécurité dans le domaine de l'énergie nucléaire. Bien que la DSN ait déjà été de facto toujours autonome dans ses décisions concernant la sûreté d'installations nucléaires, sa séparation de l'OFEN et son passage à l'IFSN per-

mettent de réaliser maintenant formellement aussi l'indépendance des autorités nucléaires de surveillance. La Suisse satisfait ainsi pleinement les exigences de la Convention sur la sûreté nucléaire.

L'IFSN sera une institution de droit public au même titre par exemple que la CNA, l'Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle ou Swissmedic. En tant qu'IFSN, nous serons indépendants fonctionnellement, institutionnellement et financièrement. Nous devons rendre compte au conseil de l'IFSN, sorte de conseil d'administration, qui sera quant à lui obligé de rendre compte au Conseil fédéral et de lui présenter chaque année un rapport. L'IFSN fera par ailleurs l'objet d'un contrôle régulier par un organe de révision.

Le 17 octobre 2007, le Conseil fédéral a mis en vigueur certaines parties de la loi sur l'IFSN et élu dans le même temps les membres du Conseil de l'IFSN ainsi que son premier président, Dr. Peter Hufschmied. Le Conseil de l'IFSN est opérationnel depuis le 1^{er} janvier 2008. Quant à la DSN, elle n'acquerra l'indépendance formelle qu'au 1^{er} janvier 2009 et poursuivra alors son activité de surveillance en tant qu'IFSN.

Cette entrée en vigueur échelonnée de la loi sur l'IFSN est d'autant plus nécessaire que, selon cette même loi, le Conseil de l'IFSN doit approuver une série de règlements d'organisation devant être promulgués soit par le Conseil fédéral, soit par lui directement. 2008 sera donc une année de transition. En 2008, le Conseil de l'IFSN sera déjà opérationnel, mais la DSN restera encore rattachée administrativement à l'OFEN.

Depuis le 1^{er} janvier 2008 déjà, la DSN (suivie de l'IFSN) est compétente dans le domaine de la sûreté des installations nucléaires. Nous entendons par sûreté les mesures devant être prises pour empêcher des actions indésirables de tiers. Il est question ici de protection contre le terrorisme. La sûreté et la sécurité ont étroitement liées. Toutes les mesures prises pour améliorer la sûreté peuvent aussi avoir des répercussions sur la sécurité et inversement. Pour cette raison déjà, un regroupement de ces deux domaines est judicieux et correspond du reste aussi à la tendance internationale. Avec l'entrée en vigueur partielle de la loi sur l'IFSN, le Conseil fédéral a décidé de modifier aussi la loi sur l'énergie nucléaire et a récemment rem-

placé la Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires (CSA) par la Commission de sécurité nucléaire (CSN). En tant qu'organe consultatif du Conseil fédéral, du DETEC et de l'IFSN, la CSN doit prendre position sur des questions fondamentales de sécurité nucléaire ainsi que sur des expertises de sécurité de l'IFSN. Elle collabore en

plus aux travaux législatifs dans le domaine de la sécurité nucléaire.

La DSN s'impose de nouveaux défis et est prête à les relever avec engagement et professionnalisme. L'IFSN fournit les conditions cadres favorables, permettant d'assumer de manière optimale les tâches actuelles et les nouvelles.

Preface

A new era in energy policy

2007 saw major changes to energy policy in Switzerland – a new national energy strategy, the new Federal Electricity Supply Act, the concept for a Master Plan for a deep geological repository and new legislation governing ENSI, the Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, all of which will impact on the work of the Inspectorate.

In February 2007, the Federal Council adopted a new energy policy with four main strands: energy efficiency, renewable energies, large-scale power plants and the strengthening of international cooperation. In its announcement on 21 February 2007, it said: *The Federal Council remains committed to nuclear energy and considers it essential to replace existing nuclear power plants or build new ones*. The Federal Council is convinced that this approach will guarantee energy supplies in Switzerland in the medium and long term. The industry has already responded to the announcement and indicated that it will apply for general license for at least two new nuclear power plants before the end of 2008 or at the beginning of 2009.

Following the Federal Council's announcement, the Inspectorate set up its own project group for «New Nuclear Power Plants» with a range of tasks; firstly, to give concrete form to the statutory framework for applications for general license, prepare the knowledge base for new reactors, evaluate the safety of individual designs and draft basic requirements for the construction of new nuclear power plants. New power plants will be subject to even stricter design guidelines than those that applied to the five nuclear power plants currently operating in Switzerland. The new generation must reflect not only the latest developments in science and technology but also global experience in the operation of nuclear power plants.

However, the supervision of existing nuclear power plants remains a priority for the Inspectorate and this will not change. The Swiss Nuclear Energy

Act states that a plant may continue to operate as long as it is safe. It is the role of the Inspectorate to ensure that nuclear power plants remain safe irrespective of their age.

The liberalisation of the electricity market resulting from the new Federal Electricity Supply Act will have only a marginal effect on the Inspectorate. However, the Inspectorate will have particular responsibility for ensuring that liberalisation and any new standards for power supply systems associated with it do not have a negative impact on the operation of nuclear power plants. Faults in power lines can trigger transients and reactor scrams in nuclear power plants and so, power supply systems must retain their high reliability even in a liberalised supply market.

Considerable progress was made in 2007 to the concept for a «Deep geological repository sectoral plan». This plan will ensure that the process for identifying suitable locations is transparent and understandable. It will be a three-staged process providing those living in Switzerland and in neighbouring countries with comprehensive information and opportunities for active involvement. The safety criteria identified by the Inspectorate are an essential element of the deep geological repository sectoral plan. In addition, the process clearly states that safety must be the priority when a location is selected. Other criteria, in particular socio-economic factors must be subordinate to safety. The Inspectorate considers this to be an important element of the entire process and crucial to the long-term protection of people and the environment. Before work starts on the construction of a deep repository it is important that the project is accepted by those who are particularly affected. Considerable work is still required in this respect, including at the political level. The concerns and fears of the people must be taken seriously and we must respond to them. We need to demonstrate to those affected that the geological deep repository can operate safely, that fears of a radiological impact

on the environment are groundless and that the repository will not have an adverse effect on agriculture or other activities. My personal view is that it would be unacceptable to block a geological deep repository for purely ideological reasons. We would be failing in our responsibility to future generations. Speaking on the subject at the International Disposal Conference in Berne in October 2007, Federal Councillor Leuenberger said: «Irrespective of whether we are for or against nuclear energy, irrespective of whether we need energy from nuclear power stations or not and irrespective of whether we have previously campaigned for or against nuclear power plants, we all have a responsibility to ensure that radioactive waste is disposed of safely: Collective responsibility must take precedence over personal conviction.»

New legal status for the Inspectorate

In 2007, the ENSI law, the new legislation governing the Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate was adopted following parliamentary scrutiny. It provides the legal framework that will allow the existing Inspectorate to be transformed into ENSI, the Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate.

The Inspectorate currently comes under the Federal Office for Energy (SFOE) and for several years there has been a debate on whether this is appropriate because both the international Convention on Nuclear Safety and the Swiss Nuclear Energy Act state that the body regulating nuclear facilities should be independent of the body responsible for energy use – the latter is a core function of SFOE. This could result in a conflict of interests between safety and the use of nuclear energy. Although the Inspectorate has always had de facto independence in terms of its decisions on nuclear safety, the decision to remove the Inspectorate from the direct responsibility of SFOE and the creation of ENSI will formalise the independence of the nuclear regulatory authority. Switzerland will then be in full compliance with the Convention on Nuclear Safety.

ENSI will be a body constituted under public law; its status will be similar to organisations such as SUVA (Swiss Accident Insurance Fund), the Swiss Federal Institute of Intellectual Property and Swissmedic. As ENSI, we will be independent – opera-

tionally, institutionally and financially. We will report to the ENSI Board – a sort of Management Board – which in turn will be accountable to the Federal Council to whom it must submit an annual report. In addition, ENSI will be subject to a regular audit process.

The Federal Council implemented certain parts of the ENSI legislation on 17 October 2007; it also appointed the members of the ENSI Board and appointed Dr. Peter Hufschmied as its first Chairman. Although the ENSI Board started its work on 1 January 2008, the Inspectorate will not become formally independent until 1 January 2009, from which date it will continue its regulatory activities as ENSI.

This staged implementation was required because the ENSI legislation states that the Board must first agree a series of organisational rules, which must then be adopted by either the Federal Council or the Board itself. 2008 will be a year of transition and so for administrative purposes, the Inspectorate will remain attached to the SFOE even though the ENSI Board is already up and running.

Since 1 January 2008, the Inspectorate – and so in future ENSI – has been responsible for security in nuclear facilities. Security in this context means measures designed to prevent undesirable interference by third parties, i.e. protection against terrorist attacks. Safety and security are closely linked. Measures introduced to improve security may also impact on safety and vice versa. For this reason alone, it makes sense to combine the two areas and it is also in line with trends in other countries. With the partial implementation of the ENSI legislation, the Federal Council also resolved to amend the Nuclear Energy Act. The Commission for Nuclear Safety (KNS) will replace the former Commission for the Safety of Nuclear Facilities (KSA). KNS will be an advisory body and issue advice to the Federal Council, the Department of the Environment, Transport, Energy and Communications and ENSI on fundamental questions of nuclear safety. It will also comment on the safety reports issued by ENSI. In addition, it will be involved in drafting future legislation on nuclear safety.

The Inspectorate relishes its new challenges and will respond with energy and expertise. The new structure provides an excellent framework to cope with current and future challenges.

Zusammenfassung und Übersicht

Allgemeines zur Aufgabe der HSK

Die HSK begutachtet und beaufsichtigt als Aufsichtsbehörde des Bundes die Kernanlagen in der Schweiz. Dazu gehören die fünf Kernkraftwerke, 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. Die HSK beurteilt die nukleare Sicherheit dieser Anlagen. Mittels Inspektionen, Aufsichtsgesprächen, Prüfungen und Analysen sowie der Berichterstattung der Anlagebetreiber verschafft sich die HSK den notwendigen Überblick über die nukleare Sicherheit. Sie wacht darüber, dass die Vorschriften eingehalten werden und die Betriebsführung gesetzeskonform erfolgt. Zu ihrem Aufsichtsbereich gehören auch die Transporte radioaktiver Stoffe sowie die Vorbereitungen zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle. Die HSK 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 der HSK bilden das Kernenergiegesetz, die Kernenergieverordnung, das Strahlenschutzgesetz, die Strahlenschutzverordnung, die Verordnung über die Ausbildungen und die erlaubten Tätigkeiten im Strahlenschutz, die Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen, die Verordnung über die Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität, die Verordnung über den Notfallschutz in der Umgebung von Kernanlagen und die Vorschriften für den Transport radioaktiver Stoffe. Gestützt auf diese gesetzlichen Grundlagen erstellt und aktualisiert die HSK eigene Richtlinien. Darin formuliert sie die Kriterien, nach denen sie die Tätigkeiten und Vorhaben der Betreiber von Kernanlagen beurteilt. Eine Übersicht über die Richtlinien der HSK findet sich in der Tabelle 10 im Anhang dieses Aufsichtsberichts. Die Richtlinien sind zudem auf der Website der HSK (www.hsk.ch) im Internet aufgeschaltet.

Die HSK informiert periodisch über die nukleare Sicherheit der schweizerischen Kernanlagen. Sie nimmt ihre Informationspflicht sowohl im Normal-

betrieb als auch bei Vorkommnissen in schweizerischen Kernanlagen wahr. Sie ist bestrebt, die Öffentlichkeit korrekt, rasch und offen zu informieren. Die HSK macht ihre Information vor allem mit ihren periodischen Berichten, mit Medienmitteilungen, auf ihrer Website im Internet und an Veranstaltungen öffentlich zugänglich.

Jährliche Berichterstattung der HSK

Der vorliegende Aufsichtsbericht ist Teil der periodischen Berichterstattung der HSK. Daneben publiziert die HSK jährlich einen Strahlenschutzbericht, einen Erfahrungs- und Forschungsbericht sowie einen Geschäftsbericht. Die vier Berichte erscheinen jeweils im Frühjahr. Die Originalsprache dieser Berichte ist Deutsch. Vorwort, Einleitungen und Zusammenfassungen werden auf Französisch und Englisch übersetzt.

Die Berichte sind nach ihrem Erscheinen auch im Internet unter www.hsk.ch abrufbar.

Inhalt des vorliegenden Berichts

Die HSK beschreibt in den Kapiteln 1 bis 4 des vorliegenden Aufsichtsberichts vor allem das Betriebsgeschehen, die Revisionsarbeiten, den Strahlenschutz, die Organisation und Betriebsführung der Kernkraftwerke Beznau 1 und 2, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. Zudem legt sie ihre Sicherheitsbewertung zu den einzelnen Anlagen dar.

Im Kapitel 5 wird über das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen berichtet. Die ZWILAG hat die Aufgabe, radioaktive Abfälle aus den schweizerischen Kernanlagen zu verarbeiten, verbrennen, konditionieren und lagern.

Die Kapitel 6 und 7 behandeln die Aufsicht über die nuklearen Anlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI) sowie über die Forschungsreaktoren der Universität Basel und der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne (EPFL).

Das Kapitel 8 bezieht sich auf die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den schweizerischen Kernanlagen. Das Kapitel 9 ist anlagenübergreifenden Aspekten der nuklearen Aufsicht, wie zum Beispiel den Probabilistischen Sicherheitsanalysen,

gewidmet. Kapitel 10 gibt Auskunft zu den Vorarbeiten für die geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle. Der Anhang ergänzt den Bericht mit Tabellen und Figuren.

Beurteilung zu den Kernkraftwerken

Die HSK stellt zusammenfassend fest, dass im Berichtsjahr die nukleare Sicherheit der Kernkraftwerke Beznau, Mühleberg und Gösgen in Bezug auf die Auslegung und das Betriebsgeschehen gut war und die bewilligten Betriebsbedingungen eingehalten wurden. Die nukleare Sicherheit des Kernkraftwerks Leibstadt war ausreichend. Diese Beurteilung berücksichtigt eine Reihe von Schwachstellen in den Bereichen Instandhaltungsplanung und Umsetzung von Vorgaben. Die HSK wird im Rahmen ihrer Inspektionstätigkeit einen Schwerpunkt auf die Überprüfung dieser Bereiche legen. Alle Bewilligungsinhaber haben gegenüber der Aufsichtsbehörde ihre gesetzlich festgelegten Meldepflichten und Freigabepflichten im Aufsichtsjahr wahrgenommen.

Die HSK klassierte gemäss ihren Richtlinien 13 Vorkommnisse (im Vorjahr 9) in den Kernkraftwerken (KKW). Auf die einzelnen KKW bezogen sind dies: Acht Vorkommnisse im KKW Beznau (drei im Block 1 und vier im Block 2 sowie eines in beiden Blöcken), eines in Mühleberg, eines in Gösgen und drei in Leibstadt. Zwei dieser Vorkommnisse wurden auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 1 zugeordnet. Sie führten zu einer geringfügigen Reduktion der nuklearen Sicherheit. Die elf anderen klassierten Vorkommnisse wurden auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zugeordnet und hatten eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit.

Beurteilung zum Zentralen Zwischenlager Würenlingen

Das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen umfasst mehrere Zwischenlagergebäude, eine Konditionierungsanlage sowie eine Verbrennungs- und Schmelzanlage. Die Lagerhallen stehen seit 2001 in Betrieb. Ende 2007 befanden sich in der Behälterlagerhalle 28 Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen sowie sechs Behälter mit Stilllegungsabfällen aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens. Die nukleare Sicherheit der Lagergebäude und der

so genannten Heissen Zelle war in Bezug auf die Auslegung und das Betriebsgeschehen gut.

In der Verbrennungs- und Schmelzanlage wurden im Berichtsjahr zwei weitere Testkampagnen mit radioaktiven Abfällen durchgeführt. Dabei wurden rund 1000 Abfallfässer verarbeitet, was etwa dem Anfall aus drei Betriebsjahren aller schweizerischen Kernanlagen entspricht. Das verarbeitete Abfallvolumen konnte somit gegenüber dem Vorjahr mehr als verdoppelt werden. Für die Freigabe zum Dauerbetrieb sind noch einzelne Auflagen zu erledigen.

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

Die Nuklearanlagen im Ost-Areal 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 der HSK.

Die Rückbauarbeiten an den beiden Forschungsreaktoren DIORIT und SAPHIR erfolgten aus radiologischer Sicht reibungslos. Die Experimente am Forschungsreaktor PROTEUS verliefen bewilligungskonform.

In den Kernanlagen des PSI ereignete sich im Jahr 2007 ein klassiertes Vorkommnis.

Die HSK beurteilt die nukleare Sicherheit der Kernanlagen des PSI und jene der Hochschulen in Basel und Lausanne in Bezug auf die Auslegung und das Betriebsgeschehen gesamthaft als gut. Die Arbeiten werden unter Einhaltung der Strahlenschutzvorschriften ausgeführt, und die Jahreskollektivdosen waren auch in diesem 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

Auf Grund des zehnjährigen Moratoriums finden bis 2016 keine Transporte bestrahlter Brennelemente ins Ausland statt. Die Rücklieferungen von verglasten hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung werden voraussichtlich ab 2009 wieder stattfinden. Bei allen Transporten von Brennelementen, Glaskokillen und radioaktiven Abfällen wurden die gefahrgutrechtlichen Grenzwerte und die Strahlenschutzvorgaben eingehalten.

Geologische Tiefenlagerung

Der Sachplan geologische Tiefenlager wird unter Federführung des Bundesamtes für Energie (BFE) ausgearbeitet. Von Januar bis April 2007 wurde zum Sachplan eine dreimonatige Anhörung durchgeführt, in der zahlreiche Stellungnahmen aus dem In- und Ausland eingereicht wur-

den. Das BFE hat unter Mitarbeit der HSK einen Erläuterungsbericht verfasst, in dem die Anliegen der eingereichten Stellungnahmen gewürdigt und die daraus erfolgten Änderungen sowie die abgelehnten Änderungswünsche erläutert werden. Im Oktober 2007 erfolgte eine Ämterkonsultation, danach fand die gemäss Raumplanungsgesetz vorgesehene letzte Bereinigung mit den Kantonen statt. Ausstehend war Ende Berichtsjahr die Verabschiedung des Konzeptteils durch den Bundesrat. Die mit internationaler Beteiligung betriebene Forschungstätigkeit der Nagra in den beiden Felslaboratorien Grimsel (Kristallingestein) und Mont Terri (Opalinuston) wurde 2007 fortgesetzt. Zusammen mit der Ingenieurgeologie der ETH Zürich hat die HSK ein erdwissenschaftliches Experiment durchgeführt. Eine aus dieser Forschung hervorgegangene, von der HSK finanzierte Doktorarbeit wurde Ende 2007 abgeschlossen. Sie hat interessante neue Erkenntnisse zum felsmechanischen Verhalten des Opalinustons gebracht.



Die HSK informiert jährlich in vier Berichten über ihre Tätigkeit und Aufsicht.

Résumé et aperçu

Les tâches de la DSN en général

La DSN 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, ainsi que les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (IPS) et des Universités de Bâle et de Lausanne. Elle évalue la sûreté nucléaire de toutes ces installations. Les inspections, entretiens de surveillance, contrôles et analyses, ainsi que les rapports des exploitants lui permettent d'acquérir la vue d'ensemble nécessaire quant à l'état de la sûreté des installations. Par ailleurs, la DSN veille au respect des prescriptions et à la conformité de la gestion de l'exploitation avec la loi. Ses activités de surveillance s'étendent aussi aux transports de matières radioactives et aux travaux préparatoires en vue du stockage en couches géologiques profondes des déchets radioactifs. La DSN 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 (LEnu), l'ordonnance sur l'énergie nucléaire (OENU), la loi sur la radioprotection (LRaP), l'ordonnance sur la radioprotection (OraP), l'ordonnance sur les formations et les activités autorisées en matière de radioprotection, l'ordonnance sur les qualifications du personnel des installations nucléaires, l'ordonnance relative à l'organisation d'intervention en cas d'augmentation de la radioactivité, l'ordonnance sur la protection en cas d'urgence au voisinage des installations nucléaires et les prescriptions en vigueur pour le transport de substances radioactives constituent la base légale de la surveillance de la DSN. La DSN 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 la DSN figure au tableau 10 de l'annexe de ce rapport de surveillance. De plus, toutes les directives en vigueur peuvent être consultées sur le site Internet de la DSN (www.hsk.ch). La DSN donne des informations régulières sur la sûreté

nucléaire des installations suisses, tant en ce qui concerne leur fonctionnement normal qu'en cas d'événements particuliers. Elle s'efforce d'offrir au public une information à la fois correcte, rapide et ouverte. La DSN publie ses informations par le biais surtout de ses rapports annuels, mais aussi par des communiqués de presse, sur Internet, ainsi qu'à l'occasion de diverses manifestations.

Compte rendu annuel de la DSN

Le présent rapport de surveillance fait partie du compte rendu périodique de la DSN. La DSN publie aussi chaque année un rapport sur la radioprotection, un rapport sur les expériences et la recherche et un rapport d'activités. Ces quatre rapports paraissent chaque fois au printemps et sont publiés dans leur langue d'origine, l'allemand. Leurs préfaces, introductions et résumés sont traduits en français et en anglais.

Une fois publiés, ces rapports peuvent aussi être consultés sur Internet, à l'adresse www.hsk.ch.

Contenu du présent rapport

Aux chapitres 1 à 4, la DSN décrit essentiellement 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 expose par ailleurs son appréciation de la sûreté de chacune de ces installations.

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

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

Le chapitre 8 aborde la surveillance des transports de matières radioactives en provenance et à destination des installations nucléaires suisses. Le

chapitre 9 est consacré aux autres aspects de la surveillance nucléaire touchant aux installations, comme par exemple les études probabilistes de sûreté. Le chapitre 10 enfin donne des informations sur les travaux préparatoires du stockage en couches géologiques profondes des déchets radioactifs. L'annexe complète le rapport à l'aide de tableaux et de figures.

Appréciation des centrales nucléaires

Sur l'ensemble de l'exercice 2007, la DSN constate que la sûreté nucléaire des centrales nucléaires de Beznau, Mühleberg et Gösgen est bonne tant au niveau de la conception et du dimensionnement, qu'à celui de l'exploitation. La sûreté nucléaire de la centrale nucléaire de Leibstadt a été satisfaisante. Cette appréciation tient compte d'une série de points faibles en matière de planification de l'entretien et de l'application de définitions. Dans le cadre de son activité d'inspection, la DSN se concentrera sur le contrôle de ces domaines. Tous les détenteurs d'autorisations ont respecté leurs devoirs de notification et d'agrément fixés par la loi face aux autorités de surveillance.

Conformément à ses directives, la DSN a notifié 13 événements (9 l'année précédente) survenus dans les centrales nucléaires. Huit d'entre eux se sont produits dans la centrale nucléaire de Beznau (trois dans la tranche 1 et quatre dans la tranche 2 ainsi qu'un dans les deux tranches), un à Mühleberg, un à Gösgen et trois à Leibstadt. Deux de ces événements ont été classés au niveau 1 de l'échelle internationale de gravité des événements INES. Ces événements ont entraîné une légère baisse de la sûreté nucléaire. Les onze autres événements notifiés ont été classés au niveau 0 de l'échelle INES et n'ont pas d'importance pour la sécurité nucléaire.

Appréciation du Centre de stockage intermédiaire de Würenlingen

Le Centre de stockage intermédiaire ZWILAG à Würenlingen comprend plusieurs bâtiments d'entreposage, une installation de conditionne-

ment, ainsi qu'une station d'incinération et de fusion. Les halles d'entreposage sont opérationnelles depuis 2001. Fin 2007, la halle des conteneurs abritait 28 conteneurs de transport et d'entreposage avec assemblages combustibles usés et coquilles de verre, en plus des six conteneurs de déchets de démantèlement provenant de la centrale nucléaire expérimentale de Lucens. La sûreté nucléaire des bâtiments de stockage et des cellules chaudes est bonne au niveau de la conception et du dimensionnement ainsi qu'en ce qui concerne l'exploitation.

Deux nouvelles campagnes d'essais avec déchets radioactifs se sont déroulées en 2007 dans la station d'incinération et de fusion. Près de 1000 fûts de déchets y ont été traités, ce qui correspond à peu près à la production de trois années d'exploitation de toutes les installations nucléaires suisses. Le volume de déchets traités a pu ainsi être plus que doublé par rapport à l'année précédente. Quelques détails doivent encore être réglés avant la permission de la DSN pour l'exploitation permanente.

Evaluation de la sûreté de l'Institut Paul Scherrer et des réacteurs de recherche de Bâle et de Lausanne

Les installations nucléaires du «site est» de l'Institut de recherche Paul Scherrer (IPS) sont placées sous la surveillance de la DSN; 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 (BZL).

Les travaux de démantèlement des deux anciens réacteurs de recherche DIORIT et SAPHIR se sont déroulés sans incident radiologique. Les expériences réalisées sur le réacteur de recherche PROTEUS se sont déroulées dans le respect des autorisations octroyées.

En 2007, un événement a été notifié dans les installations nucléaires de l'IPS.

La DSN juge la sûreté nucléaire des installations de l'IPS et celle des universités de Bâle et de Lausanne globalement bonne, tant au niveau de la concep-

tion et du dimensionnement, qu'en ce qui concerne le déroulement de l'exploitation. Les travaux y ont été réalisés dans le respect des prescriptions en vigueur pour la radioprotection. En 2007 aussi, les doses collectives annuelles sont restées à un niveau bas.

Rejets de substances radioactives

En 2007, 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 l'exposition annuelle aux rayonnements naturels.

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 vitrifiés hautement radioactifs provenant du retraitement reprendront vraisemblablement dès 2009. Tous ces transports d'assemblages combustibles, de coquilles de verre 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

Le plan sectoriel «Dépôt en couches géologiques profondes» est placé sous la direction de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). De janvier à avril 2007, il a été soumis à une audition publique de trois mois, au cours de laquelle de nombreuses prises de position venant de Suisse et de l'étranger ont été présentées. En collaboration avec la DSN, l'OFEN a rédigé un rapport reconnaissant les soucis des prises de position présentées et expliquant et commentant les changements qui en ont résulté ainsi que les souhaits de changement rejetés. En octobre 2007, suite à une consultation des offices concernés, s'est déroulé le dernier arrangement prévu avec les cantons conformément à la loi sur l'aménagement du territoire. A la fin de l'année, le Conseil fédéral n'avait pas encore adopté la partie conceptuelle du plan.

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 2007. La DSN a poursuivi une expérience dans le domaine des sciences de la terre, en collaboration avec le département géotechnique de l'EPFZ. Une thèse de doctorat issue de cette recherche et financée par la DSN a été terminée fin 2007. Elle a fourni de nouveaux résultats intéressants sur le comportement géomécanique des argiles à Opalinus.

Summary and overview

General comments on the Inspectorate's remit

Acting as the regulatory body of the Swiss Federation, the Inspectorate assesses and monitors nuclear facilities in Switzerland. They include its five nuclear power plants, the plant-based interim storage facilities, the Central Interim Storage Facility at Würenlingen together with the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI) and the two universities of Basel and Lausanne. The Inspectorate assesses the nuclear safety of these facilities and using a mixture of inspections, regulatory meetings, examinations and analyses as well as reports from individual plant licensees, it obtains the required overview of nuclear safety. The Inspectorate ensures that facilities observe the regulations and that operations comply with the legislative framework. In addition, its regulatory remit includes the transport of radioactive materials and preparations for a deep geological repository for radioactive waste. The Inspectorate maintains its own emergency organisation, which is an integral part of the national emergency structure and would be activated if there were a serious incident in a Swiss nuclear facility.

The statutory framework for the Inspectorate's regulatory functions is as follows: Nuclear Energy Act (KEG), Nuclear Energy Ordinance (KEV), Radiological Protection Act (StSG), Radiological Protection Ordinance (StSV), Ordinance on training in radiological protection and associated authorised activities, Ordinance on qualifications and experience required by personnel in nuclear facilities, Ordinance on the organisation of emergency response in the event of increased radioactivity, Ordinance on the prevention of emergencies in vicinity of nuclear facilities and regulations governing the transport of radioactive materials. This statutory framework forms the basis of guidelines issued by the Inspectorate, which stipulate the criteria by which the plans and activities of the operators of nuclear facilities are evaluated. Table 10 in the Appendix to this Report gives an overview of the guidelines and the content of all current guidelines can be found on the Inspectorate's website at www.hsk.ch.

The Inspectorate publishes regular information on nuclear safety in Swiss nuclear facilities. Its respon-

sibilities in this respect cover both normal operations and incidents occurring in nuclear facilities in Switzerland. The Inspectorate seeks to provide the public with accurate, timely and transparent information, which it makes available to the public, in particular through its periodic reports, media releases, its website and public events.

Annual reporting by the Inspectorate

This Oversight Report is a part of the Inspectorate's system of reporting. It also publishes an annual Radiological Protection Report, a Research and Experience Report and a Management Report. All four reports are published in the spring of each year. The original language for all reports is German but prefaces, introductions and summaries are also available in French and English.

Once published, the reports are also available on the Inspectorate's website at www.hsk.ch.

Content of this report

Chapters 1 to 4 of this Oversight 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. In addition, they contain the Inspectorate's evaluation of the safety of individual plants.

Chapter 5 deals with the Central Interim Storage Facility (ZWI-LAG) at Würenlingen. The role of ZWI-LAG is to process, incinerate, condition and store 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 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 is devoted to generic aspects of nuclear surveillance, i.e. issues that are not specific to an individual nuclear facility such as probabilistic safety analyses. In Chapter 10, the Inspectorate reports on the preparatory work for

the geological repository for radioactive waste. The appendix contains a range of other relevant data.

Assessment of nuclear power plants

In essence, the Inspectorate found that in 2007 nuclear safety in the nuclear power plants of Beznau, Mühleberg und Gösigen was good in terms of their design and operation. These facilities also complied with their operating licences. Nuclear safety in the nuclear power plant of Leibstadt was satisfactory. This rating reflects a series of weaknesses identified in maintenance planning and implementation of guidelines. As part of its inspection regime, the Inspectorate places particular emphasis on a review of these aspects. In terms of their dealings with the Inspectorate, all licensees complied in the year under review with statutory reporting requirements and disclosed the information required by law.

During 2007, the Inspectorate recorded a total of 13 incidents (9 in 2006) in Swiss nuclear power plants (NPPs) classified using the system contained in its own guidelines. They were in the following NPPs: 8 in Beznau NPP (3 in Unit 1, 4 in Unit 2 and 1 affecting both units), 1 in Mühleberg, 1 in Gösigen and 3 in Leibstadt. Two of these incidents were classed as Level 1 on the International Nuclear Event Scale INES and resulted in a slight reduction in nuclear safety. The other 11 classified incidents were classed as Level 0 on INES and had minimal impact on nuclear safety.

Assessment of Central Interim Storage Facility at Würenlingen

The Central Interim Storage Facility (ZWILAG) at Würenlingen consists of several interim storage halls, a conditioning plant and an incineration/melting plant. The storage halls have been in use since 2001. At the end of 2007, the cask storage hall contained 28 transport/storage casks with spent fuel assemblies and vitrified residue packages plus 6 casks with decommissioning waste from the experimental nuclear power plant at Lucens. In terms of their design and operation, the nuclear safety of storage buildings and the so-called hot cell was good.

During 2007, two more test campaigns were run in the incineration/melting plant: Some 1000

drums containing radioactive waste were processed in the course of these tests, which is roughly equal to the amount of radioactive waste generated in Swiss nuclear facilities in a 3 year period. This means that ZWILAG processed more than twice the volume of waste than in 2006. There are still a few outstanding issues to be resolved before approval can be given for permanent operation.

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

The nuclear facilities on the East Site of the Paul Scherrer Institute (PSI), e.g. the PROTEUS research reactor, the hot laboratory, the collection point for radioactive waste from medicine, industry and research together with the Federal Interim Storage Facility are also subject to surveillance by the Inspectorate.

Decommissioning work at the two research reactors DIORIT and SAPHIR continued smoothly from the radiological standpoint. Experiments on the PROTEUS research reactor were conducted in compliance with the relevant rules and regulations.

There was one classified incident at PSI nuclear facilities in 2007.

In terms of the design and operation of the PSI nuclear facilities and those at the universities of Basel and Lausanne, the Inspectorate rated overall nuclear safety as good. In the year under review, work was carried out in compliance with regulations on radiological protection and annual collective doses remained low.

Release of radioactive materials

In 2007, the amount of radioactive material released into the environment via waste water and exhaust air from the NPPs, the Central Interim Storage Facility, the PSI and the nuclear facilities at Basel and Lausanne was considerably less than the limits specified in operating licenses. Analyses showed that the calculated maximum dose, including that for residents living in the immediate vicinity of a plant was less than 1 % of the annual exposure to natural radiation.

Transport of radioactive materials

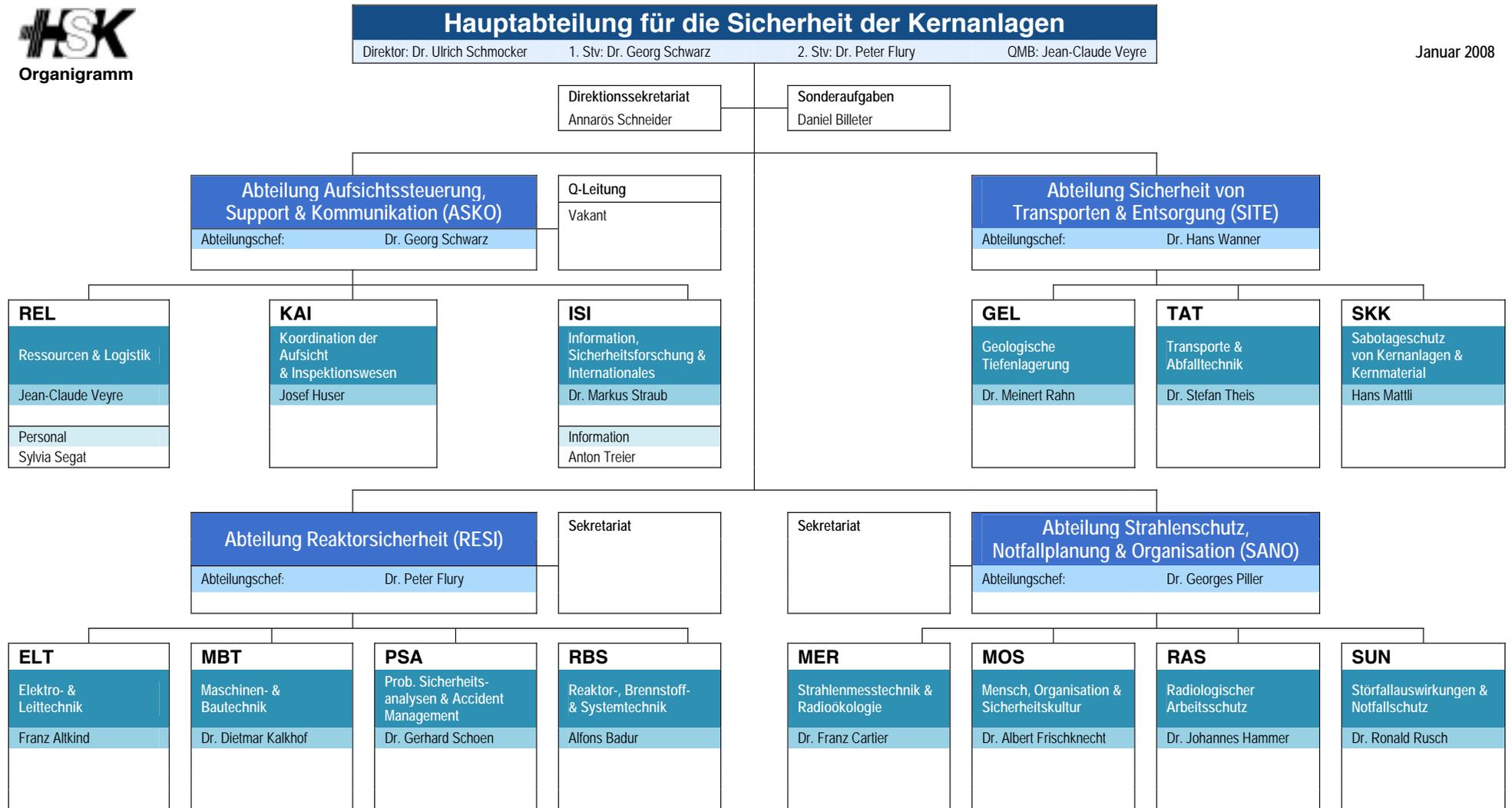
The existence of the 10-year moratorium means that no spent fuel assemblies can be transported abroad until 2016. The return of high-level vitrified waste after reprocessing is likely to resume in 2009. During the year under review, all transports of fuel assemblies, vitrified residue packages and radioactive waste were carried out in compliance with the limits specified in the regulations on the transport of hazardous waste and the legislation on radiological protection.

Deep geological repository

The Swiss Federal Office for Energy (SFOE) is the lead body developing a «Deep geological repository sectoral plan». Between January and April 2007, this plan was the subject of a three-month consultation during which numerous comments were received from both domestic and international sources. SFOE, assisted by the Inspectorate then produced an explanatory report in which it analysed

the comments received and explained the rationale for accepting or rejecting the requested modifications. Further consultations with official bodies took place in October 2007 and this was followed by the final revision process with cantons as required under the law on spatial planning. At the end of the year under review, the only thing that remained outstanding was the final approval of the concept part of the plan by the Federal Council.

Research by NAGRA and its international partners at the rock laboratories of Grimsel (crystalline rocks) and Mont Terri (Opalinus clay) continued during 2007. In conjunction with the Engineering Geology Department of the Swiss Federal Institute of Technology in Zurich, the Inspectorate conducted an experiment in earth sciences. A doctoral thesis – financed by the Inspectorate and resulting from this research – was completed at the end of 2007 and provided interesting new information on the rock-mechanical behaviour of the Opalinus clay.



Januar 2008



Die beiden
Reaktorgebäude des
KKW Beznau
Foto: KKB

1. Kernkraftwerk Beznau

1.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2007 war im Kernkraftwerk Beznau (KKB) durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb geprägt. Die HSK stellt insgesamt fest, dass das KKB die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten hat. Die HSK bescheinigt dem KKB eine gute Betriebssicherheit.

Im Block 1 ereigneten sich während des Jahres 2007 insgesamt drei klassierte Vorkommnisse. Ein Vorkommnis führte zu einer vorübergehenden Risikoerhöhung und wurde der Stufe 1 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt. Die anderen hatten eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Diese wurden der Stufe 0 zugeteilt. Der ungestörte Volllastbetrieb wurde im Juli 2007 durch einen 11-tägigen Kurzstillstand für den Brennelementwechsel unterbrochen. Dabei wur-

den insbesondere System- und Komponententests beim Abfahren sowie beim Wiederaufahren der Anlage, visuelle Inspektionen am Reaktordruckbehälterdeckel und Wandstärkenmessungen an den Frischdampfleitungen durchgeführt. Der bereits im letzten Jahr beanstandete Rohrbogen mit Wandstärkenschwächung wurde ersetzt. Für zwei weitere Bögen wird ein Massnahmenkonzept erarbeitet (siehe Kap 1.2).

Im **Block 2** kam es neben dem geplanten Revisionsstillstand zu keinem Unterbruch des Volllastbetriebs. Beim Abfahren der Anlage zum Revisionsstillstand führte eine Störung in der Speisewasserregelung bei ca. 12 % Leistung zu einer automatischen Schnellabschaltung. Daneben waren im Jahr 2007 drei weitere klassierte Vorkommnisse zu verzeichnen. Alle vier klassierten Vorkommnisse hatten eine geringe Bedeutung für die nuk-

leare Sicherheit und wurden als INES 0 klassiert. Während des Revisionsstillstandes wurden umfangreiche Prüfungen am Deckel des Reaktordruckbehälters, an dessen Rohrdurchführungen und an den beiden Dampferzeugern durchgeführt. An einer Durchführung des Reaktordruckbehälter-Deckels wurde bei einer Ultraschallprüfung eine Anzeige gefunden, die weiter überwacht werden muss. Die übrigen Resultate zeigten, dass die geprüften Komponenten in einwandfreiem Zustand sind. Im sekundären, nicht nuklearen Teil der Anlage wurden an einem der beiden Generatoren der Rotor und bei beiden Turbogruppen die Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer ausgetauscht. Während des Hochwassers vom 9. August 2007 musste die Leistung **beider Blöcke** wegen Erreichung von Betriebsgrenzen für einige Stunden um bis zu 25 % reduziert werden. Zeitweise war auch die Leistung des für die Notstromversorgung des KKB genutzten Wasserkraftwerks vom Hochwasser tangiert. Dieses klassierte Vorkommnis betrifft beide Blöcke. Auf der INES-Skala wurde es der Stufe 0 zugeordnet.

Im Berichtsjahr 2007 sind in beiden Blöcken keine Brennstab-Hüllrohrdefekte aufgetreten.

Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurde deutlich unterschritten. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen ebenfalls deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte.

Die HSK hat im Rahmen ihrer Aufsicht rund 50 Inspektionen in allen Fachgebieten durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte die HSK Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung. Mit der Inbetriebnahme des neuen Anlagensimulators wurde die entsprechende Auflage aus dem im Jahr 2004 erstellten HSK-Gutachten zum Gesuch der NOK um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung des Blocks 2 des KKB erfüllt. Mit dem neuen, KKB-spezifischen Simulator entfallen die an den bisher benutzten Simulatoren bestehenden Differenzen zur realen Anlage, was eine signifikante Verbesserung bedeutet. Im April 2007 begannen die Schulungen am neuen Simulator.

Fünf Reaktoroperatoren und zwei Schichtchefs bestanden ihre Zulassungsprüfung, vier Reaktoroperator-Anwärter ihre Prüfung der kerntechnischen Grundlagen.

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. Die Figur 7a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktoranlage.

1.2 Betriebsgeschehen

Die Blöcke KKB 1 und KKB 2 erreichten im Jahr 2007 eine Arbeitsausnutzung¹ von 96,5 % bzw. 91,2 % und eine Zeitverfügbarkeit² von 96,9 % bzw. 92,0 %, 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 2007 auf insgesamt 147,1 GWh.

Während des Hochwassers vom 9. August 2007 musste die Leistung beider Blöcke wegen des Erreichens von Betriebsgrenzen für einige Stunden um bis zu 25 % reduziert werden. Das Hochwasser hatte auch zur Folge, dass die Notstromversorgung ab Hydrowerk Bezau vorübergehend nur mit reduzierter Leistung zur Verfügung stand (siehe unten).

Im **Block 1** dauerte der Revisionsstillstand 11 Tage und diente primär dem Brennelementwechsel. Im Berichtsjahr kam es zu keiner ungeplanten Reaktorschnellabschaltung.

Im **Block 2** dauerte der Revisionsstillstand zur Durchführung des Brennelementwechsels und der Instandhaltungsarbeiten insgesamt 29 Tage. Am 10. August 2007 kam es beim Abfahren der Anlage bei einer Leistung von ca. 12 % zu einer automatischen Reaktorschnellabschaltung (siehe unten).

Im **Block 1** ereigneten sich in diesem Jahr drei Vorkommnisse, welche von der HSK gemäss HSK-Richtlinie R-15 der Klasse B zugeordnet wurden. Ein Vorkommnis wurde der Stufe 1, zwei Vorkommnisse wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt:

■ Während des Revisionsstillstands 2007 wurden die im Vorjahr begonnenen Wanddickenmessungen an Rohrbögen von Frischdampfleitungen fortgesetzt. Dabei wurden an drei Rohrbögen Unterschreitungen der geforderten Wandstärke festgestellt. Diese Unterschreitungen wurden sicherheitstechnisch bewertet. Für zwei Bögen

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.



Hochwasser führende
Aare beim KKW
Beznau am 9. August
2007
Foto: KKB

ist ein Weiterbetrieb nur befristet zulässig. Diese beiden Bögen müssen instand gesetzt werden. Für den dritten Bogen konnte gezeigt werden, dass die Sicherheit auch langfristig gewährleistet ist. Bereits im Revisionsstillstand 2006 war ein Rohrbogen mit einer Wanddickenschwächung festgestellt worden, dessen Weiterbetrieb nur befristet zulässig war. Die HSK hatte damals eine Instandsetzung gefordert. Der betroffene Bogen ist im Revisionsstillstand 2007 durch einen fabrikneuen ersetzt worden. Auch im Block 2 ist im Revisionsstillstand 2007 ein instanzzusetzender Rohrbogen festgestellt worden (siehe unten). Es ist davon auszugehen, dass die Wandstärkenschwächung bei allen betroffenen Rohrbögen herstellungsbedingte Ursachen hat.

- Die Pumpen des Containment-Sprühsystems werden monatlich getestet. Anlässlich der Prüfung am 25. Juli 2007 lief eine der Pumpen beim ersten Startbefehl aus ungeklärten Gründen nicht an. Nach erneutem Startbefehl lief die Pumpe an, und der Probelauf konnte erfolgreich durchgeführt werden. Zur Abklärung der Ursache wurde der betroffene Leistungsschalter ausgetauscht. Anschliessend wurde die Einsatzbereitschaft der Sprühpumpe mittels eines Verfügbarkeitsprobelaufes nachgewiesen. Die sicher-

heitstechnische Bedeutung des Ereignisses ist gering.

- Im Rahmen der Jahresrevision im Block 2 des Kernkraftwerks Beznau wurde am 21. August 2007 die externe 50-kV-Anspeisung beider Blöcke für Wartungsarbeiten um 04.40 Uhr abgeschaltet. Um die von dieser Anspeisung versorgte Notstromschiene des im Leistungsbetrieb stehenden Blocks 1 weiterhin mit Spannung zu versorgen, wurde vorschriftsgemäss der Notstand-Dieselgenerator des Blocks 1 in Betrieb genommen und mit geringer Last betrieben. Nach dem Wiedereinschalten der 50-kV-Anspeisung wurde der Notstand-Dieselgenerator aus betrieblichen Gründen mit einer grösseren Last betrieben, worauf er um 17.24 Uhr wegen eines defekten Differenzialschutz-Relais ausfiel. Die Funktionstüchtigkeit des Notstand-Dieselgenerators war am 24. Juli 2007 im Rahmen eines periodischen Probelaufs letztmals nachgewiesen worden. Der Zeitpunkt des Versagens des Differenzialschutz-Relais zwischen dem 24. Juli 2007 und dem 21. August 2007 steht nicht genau fest. Deshalb ist damit zu rechnen, dass während der Zeit, in der die 50-kV-Anspeisung wegen Wartungsarbeiten ausser Betrieb war, der Notstand-Dieselgenerator des Blocks 1 nicht in

der Lage gewesen wäre, im Anforderungsfall die betroffene Notstromschiene mit der nötigen Leistung zu versorgen. Zudem war der Notstand-Dieselelektrogenerator des Blocks 2 seit dem 14. August 2007 wegen planmässiger Wartungsarbeiten ausser Betrieb. Er wäre somit bei einem Ausfall des Notstand-Dieselelektrogenerators im Block 1 nicht als Ersatzaggregat zuschaltbar gewesen. Die Anlagenkonfiguration war vorübergehend mit einer deutlichen Risikoerhöhung verbunden, weil nur noch das Wasserkraftwerk und die Flutdieselelektroaggregate für die Notstromversorgung zur Verfügung standen. Das Vorkommnis trug einen signifikanten Anteil – im Bereich von 20 % – zur totalen Kernschadenswahrscheinlichkeit im Jahr 2007 bei und wurde der Stufe 1 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet. Grund für die Einstufung war, dass die Sicherheitsvorsorge für den Fall eines Sicherheitserdbebens (SSE) deutlich geschwächt war. Bei einem SSE besteht die Möglichkeit, dass sowohl das Wasserkraftwerk als auch die Flutdieselelektroaggregate ausfallen. In diesem Fall könnte die Kernkühlung nur noch mit auslegungüberschreitenden Mitteln sichergestellt werden. – Das defekte Relais wurde ersetzt und die Verfügbarkeit des Notstand-Dieselelektrogenerators durch einen Test nachgewiesen. Vor jeder Freischaltung der 50-kV-Einspeisung werden die erforderlichen Dieselelektrogeneratoren in Zukunft mit Vollast getestet. Um eine Wiederholung einer solchen Situation zu vermeiden, fordert die HSK vom KKB, die Auslegung der Notstromversorgung umfassend zu überprüfen und ein Konzept zu deren Verbesserung vorzulegen. Im **Block 2** ereigneten sich in diesem Jahr vier Vorkommnisse der Klasse B gemäss HSK-Richtlinie R-15 und der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES:

- Bei einem routinemässigen Probelauf eines Flutdiesels löste sich ein Endschalter im Drehzahlüberwachungsgerät infolge von Vibrationen leicht aus seiner normalen Position. Dies täuschte eine zu hohe Drehzahl vor, was zu einer automatischen Schutzabschaltung des Diesels führte. Das Drehzahlüberwachungsgerät wurde umgehend instand gesetzt und der Probelauf erfolgreich wiederholt. Bisher funktionierten die Drehzahlüberwachungsgeräte an den insgesamt vier Flutdieseln der beiden Blöcke des KKB während über 30 Jahren problemlos. Als Folge dieses Vorkommnisses hat das KKB alle Drehzahlüberwachungsgeräte der Flutdiesels überprüft und dabei keine Unregelmässigkeiten festgestellt.

- Während Bauarbeiten zur Ertüchtigung von Toren des Brennelement-Lagergebäudes gelangte eisenhaltiger Staub in ein Brennelement-Lagerbecken. Dabei wurden insbesondere vier Brennelemente verschmutzt, die im nächsten Zyklus hätten eingesetzt werden sollen. Vorsorglich wurden an deren Stelle andere Brennelemente in den Reaktorkern geladen. Trotz der Ablagerungen auf den Metalloberflächen des Lagerbeckens konnten während des Revisionsstillstands die Brennelemente aus dem Reaktorkern in das Lagerbecken transferiert werden, weil die Verunreinigung fest auf den betroffenen Oberflächen haftete und keine Gefahr einer nachträglichen Ausbreitung bestand. Die Ablagerungen im Becken wurden noch nicht entfernt. Ursache der Verschmutzung waren organisatorische Schwachstellen, wodurch während des Umbaus die Torbereiche nicht den Anforderungen entsprechend verschlossen wurden. Dadurch war die kontrollierte Zone nicht luftdicht gegenüber der Umgebung abgeschlossen. Auf Grund der Unterdruckhaltung gelangten keine unzulässigen Mengen an radioaktiven Stoffen in die Umwelt. Hingegen gelangten durch eindringendes Regenwasser Verunreinigungen in das Brennelement-Lagerbecken.

- Während des geplanten Abfahrens zum Revisionsstillstand kam es bei einer Reaktorleistung von ca. 12 % zu einer automatischen Reaktorschnellabschaltung. Ausgelöst wurde die Reaktorschnellabschaltung, weil der Wasserfüllstand auf der Sekundärseite eines Dampferzeugers zu hoch anstieg. Das Niveau des Dampferzeugers neigt im Schwachlastbetrieb zu Schwankungen. Um diese auszugleichen sind Regelungseingriffe durch den Reaktoroperateur erforderlich. In diesem Fall gelang es diesem nicht, die Schwankungen ausreichend zu begrenzen. Das KKB beabsichtigt, das Regelverhalten der Speisewasser-Regelventile zu verbessern und wird Erkenntnisse aus dem Vorkommnis in der Schulung der Reaktoroperateure am Anlagensimulator berücksichtigen.

- Während des Revisionsstillstands 2007 wurden die im Vorjahr begonnenen Wanddickenmessungen an Rohrbögen von Frischdampfleitungen fortgesetzt. Dabei wurden an zwei Rohrbögen Unterschreitungen der geforderten Wandstärke festgestellt. Diese Unterschreitungen wurden sicherheitstechnisch bewertet. Für den einen Bogen ist ein Weiterbetrieb nur befristet zulässig. Dieser Bogen muss instand gesetzt werden. Für

den anderen Bogen konnte gezeigt werden, dass die Sicherheit auch langfristig gewährleistet ist. Wie oben berichtet, sind im Block 1 zwei weitere Instandsetzende Rohrbögen festgestellt worden. Es ist davon auszugehen, dass die Wandstärkenschwächung bei allen betroffenen Rohrbögen herstellungsbedingte Ursachen hat.

Beide Blöcke betreffend:

■ Am 9. August 2007 sank die Leistung des für die Notstromversorgung des KKW Beznau genutzten benachbarten Wasserkraftwerks zwischen 02.10 Uhr und 22.30 Uhr unter den von der Technischen Spezifikation für den Dauerbetrieb der beiden Kernkraftwerksblöcke verlangten Wert. Dies ist gemäss Technischer Spezifikation während 24 Stunden zulässig. Grund für die reduzierte Leistung war die hochwasserbedingt starke Wasserführung der Aare, die das vom Wasserkraftwerk nutzbare Gefälle verminderte. Infolge des dadurch stark reduzierten Kühlwasserdurchflusses durch die Kondensatoren musste die Reaktorleistung in beiden Blöcken für einige Stunden um rund 25 % reduziert werden. Die Leistungsreduktion war auch nötig, weil das aufgewärmte Kühlwasser beim Wiedereintritt in die Aare maximal 32 °C aufweisen darf. Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind im Anhang in Figur 2 dargestellt.

1.3 Anlagentechnik

1.3.1 Revisionsarbeiten

Der **Block 1** wurde vom 26. Juni bis 7. Juli 2007 vom Netz getrennt und für den Kurzstillstand abgestellt. Der Stillstand dauerte rund 11 Tage und diente primär dem Brennelementwechsel. Die übrigen Arbeiten konzentrierten sich auf die System- und Komponententests beim Abfahren sowie beim Wiederanfahren der Anlage. Unter den Instandsetzungsarbeiten sind der Ersatz eines Frischdampfleitungs Bogens und der Austausch einer Restwärmepumpe hervorzuheben. Bei den zerstörungsfreien Prüfungen sind die visuellen Inspektionen am Reaktordruckbehälterdeckel, die Messung des Isolationswiderstandes der Thermolemente zur Messung der Kernaustrittstemperatur und die Wandstärkenmessungen an den Frischdampfleitungen hervorzuheben (siehe Kap. 1.2). Die System- und Komponentenbegehungen sowie die geforderten Dichtheitsprüfungen an den

Containment-Durchdringungen ergaben keine Beanstandungen.

Im Revisionsstillstand des **Blocks 2** vom 10. August bis 8. September 2007 wurden geplante Tätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen mechanischer und elektrischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Wartungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. In Ergänzung zu den Revisionsarbeiten wurden zahlreiche Anlagenänderungen vorgenommen (siehe dazu Kap. 1.3.2).

Die Revisionsabstellung dauerte einen Tag länger als vorgesehen. Grund hierfür war der partielle Ersatz der Thermolemente zur Messung der Kernaustrittstemperatur (siehe unten).

Nachfolgend sind die wichtigsten zerstörungsfreien Prüfungen an Behältern und Wärmetauschern, Rohrleitungen, Pumpen, Armaturen und ihren Abstützungen aufgeführt:

- Ausgehend von den bereits im Revisionsstillstand 2006 durchgeführten Wanddickenmessungen an sicherheitstechnisch klassierten Rohrbögen der Frischdampfleitungen fanden 2007 weitere Messungen statt (siehe Kap. 1.2).
- Die beiden Rundnähte am Deckel des Reaktor-druckbehälters (RDB) wurden mechanisiert auf Fehler in den oberflächennahen Zonen geprüft. In einer Rundnaht wurden zwei bewertungspflichtige Längsfehler festgestellt. Die Fehler befinden sich dicht unterhalb der äusseren Oberfläche, ohne dass sie jedoch eine Verbindung zur Oberfläche haben. Sie wurden nach ASME-Code als zulässig bewertet.
- Die Durchführungen des RDB-Deckels wurden von der Innenseite aus mechanisiert mit Wirbelstrom und erstmals auch mit Ultraschall sowohl auf Spannungsrisskorrosion wie auch auf Leckagekanäle des Schrumpfsitzes hin geprüft. In einer Durchführung wurde mit Ultraschall eine quer liegende, rissähnliche Anzeige an der Aussenseite des Rohres registriert. Das KKB hat die Anzeige sicherheitstechnisch bewertet und ist zum Schluss gekommen, dass die Sicherheitsanforderungen weiterhin erfüllt sind.
- Im Rahmen des Wiederholungsprüfungsprogramms wurde auch die bekannte Anzeige in einer Verbindungsschweissnaht in einer Rohrleitung des Sicherheitseinspeisesystems nachgeprüft. Der Befund ist in der Sicherheitsbewertung 2005 berücksichtigt worden (vgl. Aufsichtsbericht 2005, Kapitel 1.8). Zur besseren Grössenbestimmung der Anzeige kamen zwei unabhängige Prüfver-

fahren zum Einsatz. Veränderungen gegenüber den Messungen von 2005 und 2006 wurden nicht festgestellt. Die Anzeige wurde als rissähnlicher Befund eingestuft, dessen Ursache und weiteres Verhalten unbekannt sind. Deshalb muss dieser Befund mit verkürztem Intervall geprüft werden. Auf Verlangen der HSK hat das KKB ein Konzept vorgelegt, wie der Befund zukünftig überwacht werden soll.

- Der Zustand der im Jahr 1999 eingebauten Dampferzeuger wurde in diesem Jahr mechanisiert mit Wirbelstrom geprüft. Es gab keine Befunde. Eine analoge Prüfung fand im letzten Jahr im Block 1 statt.

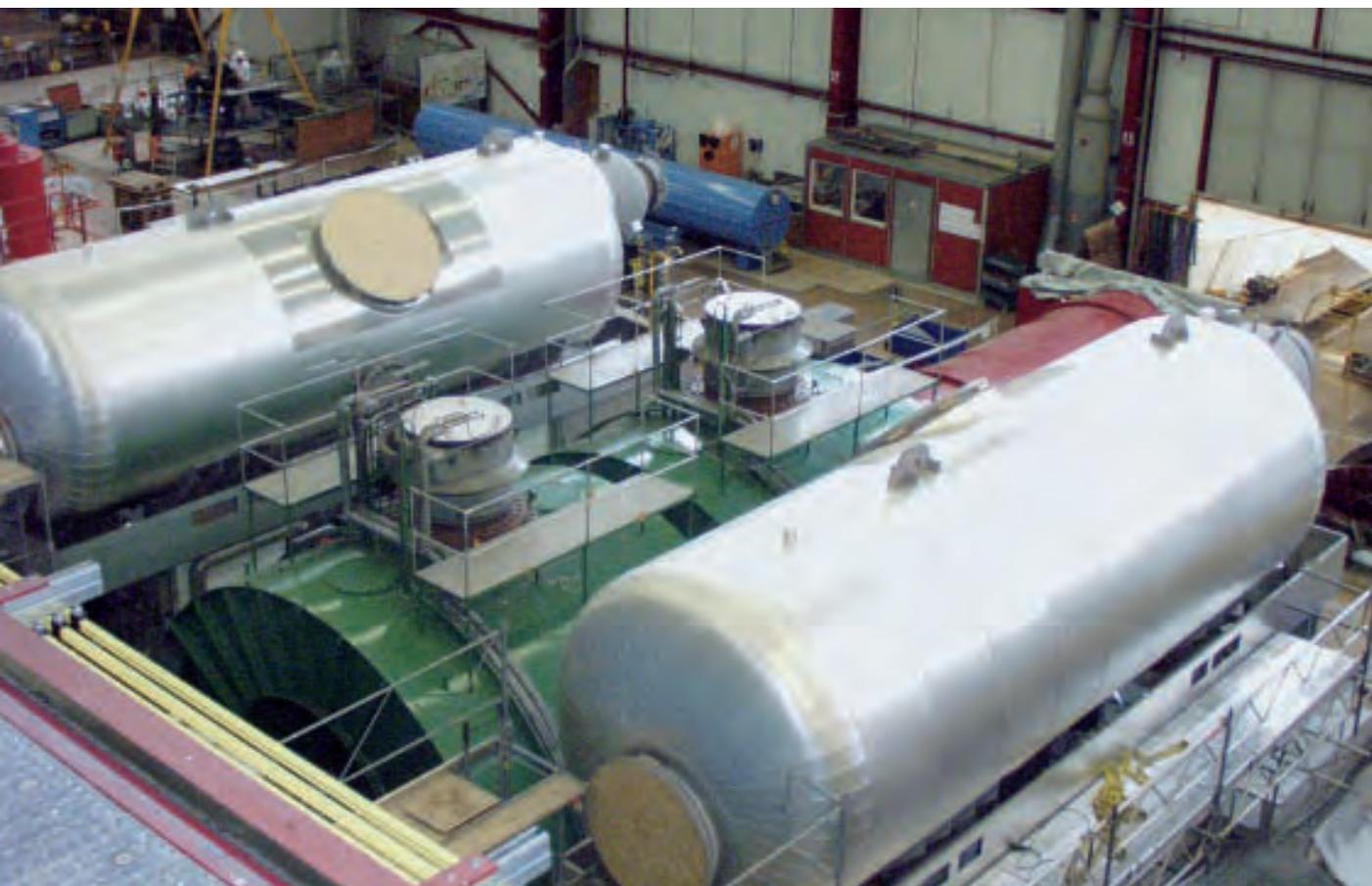
Im Rahmen der Wiederholungsprüfungen elektrischer Ausrüstungen wurden namentlich der elektrische Schutz der Notstromschienen, die Widerstandstemperaturfühler des Reaktorschutzsystems und des Notstandssystems sowie die Thermolemente der Kernaustrittstemperaturmessung kontrolliert. Dabei wurde festgestellt, dass mehrere Thermolemente den Anforderungen nicht mehr genügten und deshalb ausgetauscht werden mussten. Wegen dieser aufwendigen Arbeiten verlängerte sich die Revisionsabstellung gegenüber der ursprünglichen Planung um einen Tag.

Die übrigen Prüfungen ergaben keine Befunde. Von den wenigen Instandsetzungsarbeiten ist der Austausch des Innenblocks einer Reaktorhauptpumpe gegen eine Reserveeinheit erwähnenswert. Damit sind nun alle Innenblöcke der insgesamt vier Reaktorhauptpumpen der beiden Kraftwerksblöcke revidiert und ausgetauscht.

Anlässlich des Rundganges vor dem Wiederanfahren der Anlage wurde im oberen Bereich eines Regelstab-Antriebsstangengehäuses eine geringfügige Borsäureablagerung von ca. 1 cm³ entdeckt. Die Ablagerung wurde in der Folge entfernt. Das KKB führte einen Spiegeltest und eine Farbeindringprüfung durch. Beide Prüfungen ergaben keinen Befund. Die entsprechende Stelle wird seitdem auf Verlangen der HSK permanent mit zwei Kameras überwacht. Eine sicherheitstechnische Bewertung des Befundes durch den Anlagenhersteller wurde vorgenommen und der HSK eingereicht. Ein qualifiziertes Reparaturverfahren ist noch durch das KKB zu erarbeiten und von der HSK zu prüfen.

Nach dem Anfahren der Anlage mussten beide Turbogruppen für Störungsbehebungen in der Sekundäranlage jeweils für wenige Stunden nochmals entlastet und vom Netz getrennt werden.

Zwei neue Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer für die beiden Turbogruppen von Block 2 – in der Mitte die (grünen) Niederdruckturbinen
Foto: KKB



1.3.2 Anlagenänderungen

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

- Die Druckreduzierventile zu den aufblasbaren Schleusentordichtungen der Haupt- und Not-schleusen des Containments erwiesen sich zunehmend als störanfällig. Sie wurden deshalb in beiden Blöcken während der diesjährigen Stillstände durch ein neues Fabrikat ersetzt. Die Ventile werden zur Einstellung des erforderlichen Überdrucks in den Tordichtungen benötigt.
- Die Schliesszeiten der primärseitigen Absperrventile am Eintritt in die Containment-Umluftkühler wurden bei beiden Blöcken durch den Einbau von Blenden in die Steuerluftzuleitung verlängert. Infolge von Druckstössen beim Schliessen der Absperrventile kam es verschiedentlich zu Leckagen bei den Sicherheitsventilen, welche die Containment-Umluftkühler primärseitig absichern. Durch das Verlängern der Schliesszeiten soll das künftig verhindert werden.

Folgende Systeme und Ausrüstungen wurden alterungsbedingt ersetzt:

- alle Phasenüberwachungsrelais auf einer halbgesicherten Schiene als Folge des Ausfalls eines Phasenüberwachungsrelais während des vergangenen Betriebszyklus
- die Unterspannungs-Auslösespulen an allen vier Schaltern zur Auslösung einer automatischen Reaktorschnellabschaltung sowie an den zwei Reserveschaltern

Das Betriebsverhalten der Turbogruppen bei Netzstörungen wurde durch das Nachrüsten einer Leistungsbegrenzung und Massnahmen im Bereich der Regelungstechnik verbessert.

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

- Untersuchungen hatten gezeigt, dass für Störfallbedingungen im Containment die Wärmeabfuhr durch die Containment-Umluftkühler und damit auch die Temperatur auf der Kühlwasserseite dieser Kühler wesentlich grösser als bisher angenommen ist. Das System wurde so verbessert, dass das Verdampfen von Wasser in den Kühlwasserleitungen auch nach einem Störfall sicher ausgeschlossen werden kann.
- Die Entlüftung des Reaktordruckbehälters erfolgt über vier Magnetventile in den Druckhalter-Entlastungstank. Eine Leckage dieser Ventile würde zu einem Anstieg des Füllstandes im Druckhalter-Entlastungstank führen. Um feststellen zu können, ob der Füllstandsanstieg im Entlastungstank wirklich durch eine Leckage von Ent-

lüftungsventilen verursacht wird, wurde in der Leitung von den Ventilen zum Druckhalter-Entlastungstank ein Schauglas eingebaut.

- Das Probenahme- und Messsystem zur Überwachung der Primärcontainment-Atmosphäre saugt Raumluft über eine Lüftungsdurchdringung an und führt diese über einen Überwachungsmonitor wieder zurück ins Containment. Auf Verlangen der HSK wurde dieses System ertüchtigt.
- Wie bereits im Block 1 wurden nun auch im Block 2 die Schwebstofffilter eines Containment-Umluftventilators inklusive zugehöriger Befestigungswand und Gehäuse entfernt, da sie nicht mehr benötigt werden. Die Änderung dient der Reduktion der im Containment verbleibenden Brandlast.

An den elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen wurden in diesem Revisionsstillstand zahlreiche Änderungen durchgeführt.

Im Primärteil der Anlage waren dies unter anderem:

- Anpassungen von Hardware und Software des Reaktorschutz- und Regelsystems
- Verbesserung der Anspeisung der Pumpen der Aktivitätsmessstellen
- Einbau einer Diagnoseschnittstelle pro Ventil an den sechs Druckhalter-Sicherheits- und Isolier-ventilen
- Durchführung diverser vorbereitender Arbeiten für die Erneuerung der Bedienung und Steuerung der Nebenanlagen
- alterungsbedingter Ersatz der 120-V- und 26-V-Batterien im Notstandsgebäude

Im Sekundärteil der Anlage wurden unter anderem die folgenden grossen Komponenten alterungsbedingt ersetzt:

- Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer beider Turbogruppen
- beide Blocktransformatoren
- Generatorrotor einer Turbogruppe

Die geänderten Systeme respektive Komponenten wurden vor dem Wiederaufstart der Anlage durch entsprechende Inbetriebsetzungsprogramme und im Rahmen der integralen Funktionsprüfungen getestet. Sie funktionierten einwandfrei.

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

1.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Bei beiden Blöcken gab es im Berichtszeitraum keine Brennelement-Defekte, sodass die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe gewährleistet war.

Während des Brennelementwechsels im Block 1 wurden dem Kern 16 neue Uranoxid-Brennelemente aus wiederaufgearbeitetem angereicherterem Uran (WAU-Brennelemente) und 8 Uran-Plutonium-Mischoxid-Brennelemente (MOX-Brennelemente) zugeladen. Der Reaktorkern des Blocks 1 enthält im Betriebszyklus 2007/2008 insgesamt 24 MOX-Brennelemente. Die Uranoxid- und MOX-Brennelemente mit höherem Abbrand wurden einer genauen Inspektion unterzogen. Der einwandfreie Zustand dieser Brennelemente lässt auf ein auslegungsgemässes Betriebsverhalten schliessen.

Während des Revisionsstillstands im Block 2 wurden 20 Brennelemente durch neue WAU-Brennelemente ersetzt. Der Reaktorkern des Blocks 2 enthält im Betriebszyklus 2007/2008 zudem 36 MOX-Brennelemente.

Die HSK hat sich anhand von Protokollen davon überzeugt, dass der Betreiber in beiden Blöcken neue Brennelemente einsetzt, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.

Das Verhalten der Steuerstäbe gab keinen Anlass zu Beanstandungen.

Im Berichtszeitraum sind die Reaktorkerne beider Blöcke auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten sehr gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnungen überein. Es kam zu keinen Überschreitungen von Betriebsgrenzwerten.

1.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2007 wurden im KKB folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	KKB 1	KKB 2	KKB 1 und 2
Revisionsstillstand	–	357 Pers.-mSv	357 Pers.-mSv
Brennelementwechsel	100 Pers.-mSv	–	100 Pers.-mSv
Leistungsbetrieb	56 Pers.-mSv	52 Pers.-mSv	108 Pers.-mSv
Jahreskollektivdosis	156 Pers.-mSv	409 Pers.-mSv	565 Pers.-mSv

Im Kalenderjahr 2007 wurden in den beiden Blöcken des KKB niedrige Kollektivdosen verzeichnet.

Die höchste im KKB registrierte Individualdosis betrug 8,2 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde somit deutlich unterschritten. Es traten weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf. Die für die Arbeiten beim Revisionsstillstand im Block 2 registrierte Kollektivdosis betrug 357 Pers.-mSv. Geplant waren 412 Pers.-mSv. Der radiologische Zustand in den aktiven Systemen und damit auch in der kontrollierten Zone war wegen des schadensfreien Brennstoffes sehr gut. Erreicht wurde die niedrige Kollektivdosis durch strahlenschutzgerechtes Verhalten der Mitarbeitenden und ein effizientes Abschirm- und Absperrungskonzept sowie niedrige Ortsdosisleistungen in der kontrollierten Zone.

Ein Grossteil der Arbeiten während des Revisionsstillstands entfiel auf verschiedenartige Wiederholungsprüfungen, beispielsweise zerstörungsfreie Prüfungen von Durchführungen und Rundnähten am RDB-Deckel. Die für alle Wiederholungsprüfungen prognostizierte Kollektivdosis von 92 Pers.-mSv wurde um 14 Pers.-mSv unterschritten. Erwähnenswert ist hier vor allem die günstige radiologische Situation bei den Dampferzeugern. So lag im Jahr 2001 die Ortsdosisleistung am Mannloch auf der heissen Seite bei 33 mSv/h, im Berichtsjahr nur noch bei 14 mSv/h.

Auch im Block 1 war der Kontaminationsgrad in der kontrollierten Zone wie im Block 2 sehr tief. Die Planungs-dosis von 81 Pers.-mSv wurde auf Grund des unvorhergesehenen vorsorglichen Austauschs einer Restwärmepumpe um 19 Pers.-mSv überschritten.

Der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz war während des Leistungsbetriebs und des Revisionsstillstands ausreichend, um die administrativen und technischen Schutz- und Überwachungsaufgaben korrekt auszuüben und sicherzustellen.

Die HSK stellte bei mehreren Inspektionen fest, dass in den beiden Anlagen des KKB ein konsequenter und guter 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. Dabei ist zu bemerken, dass diese Abgaben infolge der zusätzlichen Reinigung mittels Querstromfiltration auf 0,69 GBq gesenkt wurden. Damit wurde der im Gutachten der HSK

zum Gesuch der NOK um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung geforderte Wert unterschritten. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKB betragen wie im Vorjahr rund 16 % des Jahreshöchstwertes. Die quartalsweise von der HSK durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern zeigten Übereinstimmung mit den vom KKB gemeldeten Ergebnissen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnete die HSK die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen 0,0012 mSv für Erwachsene und 0,0020 mSv für Kleinkinder und lagen somit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss der HSK-Richtlinie R-11.

Die Dosisleistungs-Messsonden des von der HSK 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 Kraftwerksareals die Dosis messen, zeigten keine nennenswerte Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Bei den quartalsweise von der HSK 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 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 Bezug wird auf den Strahlenschutzbericht 2007 der HSK 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 38 m³

höher als der Mittelwert der letzten fünf Jahre. Die Ursachen für den erhöhten Anfall an verbrennbarem Mischabfall sind die ausserordentlich vielen und umfangreichen Arbeiten, die während der Revisionsabstellung und des normalen Betriebs im KKB durchgeführt wurden. 2007 wurden ferner grosse Mengen schmelzbarer Abfälle für die Behandlung in der Verbrennungs- und Schmelzanlage der ZWILAG sortiert und in Fässer verpackt. Ein Teil dieser Abfallmenge stammt aus früheren Jahren. Der jährliche Anfall an schmelzbaren Mischabfällen ist sehr unterschiedlich, im langfristigen Mittel jedoch gleich bleibend.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKB vorhandenen unkonditionierten Abfälle bestehen mit wenigen Ausnahmen aus verbrauchten Ionentauscherharzen sowie aus brenn- und schmelzbaren Abfällen. Sie werden in dafür vorgesehenen Sammelbehältern und Räumlichkeiten der kontrollierten Zone (Nebenanlagengebäude, ZWIBEZ) aufbewahrt. Brenn- und schmelzbare Abfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Verbrennungs- und Schmelzanlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren kommen im KKB die Einbindung von Harzen in Polystyrol sowie die Zementierung von Schlämmen zum Einsatz. Für alle Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und HSK-Richtlinie B05 erforderlichen Typengenehmigungen der HSK vor. Im Berichtsjahr wurden beide Abfallarten konditioniert. Hinsichtlich der Abfallgebindetypen erteilte die HSK im Berichtsjahr zwei Typengenehmigungen.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in die werkseigenen Zwischenlager (Rückstandslager und SAA-Lager des ZWIBEZ) eingelagert. Die radioaktiven Abfälle sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist. Im Jahr 2005 waren 21 ursprünglich am PSI konditionierte Abfallgebinde zu einer Nachbehandlung wieder vom KKB dorthin verbracht worden. Die Arbeiten selbst werden aus Kapazitätsgründen beim PSI erst im Jahre 2008 durchgeführt.

Mit dem Projekt ZWABEL (Zwischenlagerausbau Behälterlager) bereitet das KKB einen Teil des Zwischenlagers ZWIBEZ für die Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern mit abgebrannten Brennelementen vor. Im Rahmen dieses Projektes

wurden die detaillierten Fertigungsunterlagen erstellt und die Arbeiten zur Installation von Komponenten durchgeführt. Soweit erforderlich wurden diese Unterlagen von der HSK geprüft und freigegeben. Die technische Dokumentation des Lagers ist von der HSK geprüft und akzeptiert worden. Ende 2007 waren alle sicherheitsrelevanten Systeme fertig montiert.

Im Sinne der Minimierung radioaktiver Abfälle wurden im Jahr 2007 aus dem KKB insgesamt 64 t meldepflichtige Materialien gemäss den Vorgaben der Richtlinie HSK-R-13 freigemessen. Dabei handelte sich zu rund 90 % um Schrott.

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.

Die Inspektion der Bereitschaft der Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen hat gezeigt, dass die KKB-Einrichtungen betriebsbereit sind.

Die HSK hat im Oktober an der Werksnotfallübung INUNDA die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Das Szenario ging von einer Flutwelle infolge eines Dammbrochs und einer nachfolgenden Überflutung der Kraftwerksinsel aus, welche zeitweise den Zugang zum Kraftwerk verunmöglichte und für den Notfallstab den Bezug des Ersatznotfallraumes bei der ZWILAG notwendig machte. Das im Kraftwerk anwesende Personal wurde in die oberen Stockwerke verlegt und die für die Notfallbewältigung nötigen Mittel der Feuerwehr an einen überflutungssicheren Standort verschoben. Zusätzlich wurde die Kommunikation zwischen Kommandoraum und Notfallstab durch den Ausfall der Telefonverbindungen erschwert. Die Kommunikation zwischen dem Pickettingenieur und dem Notfallstab wurde mit einer POLYCOM-Funkverbindung erstellt. Mit den durch den Pickettingenieur veranlassten Massnahmen konnten die Nachwärmeabfuhr und die Kühlung des Brennelementlagerbeckens gewährleistet und da-

Ein neuer
Wasserabscheider-
Zwischenüberhitzer
wird angeliefert.
Foto: KKB



mit eine Freisetzung von Radioaktivität verhindert werden.

Auf Grund ihrer Übungsbeobachtungen kam die HSK zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der HSK-Richtlinie B-11 erreicht wurden.

Im Dezember 2007 löste die HSK im KKB ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes bestätigt wurde.

1.7 Personal und Organisation

1.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKB keine grösseren organisatorischen Änderungen durchgeführt. Ende 2007 betrug der Personalbestand des KKB 514 (2006: 504) Personen.

Im Berichtsjahr hat das KKB zusammen mit den anderen Werken einen WANO-Workshop zum Thema «Operational Decision Making» organisiert, denn die Vorgehensweise beim Treffen betrieblicher Entscheidungen ist für die nukleare Sicherheit von grosser Bedeutung.

Im Mai hat die WANO im KKB eine Follow-Up-Mission zur Peer-Review 2004 durchgeführt und dabei festgestellt, dass das KKB gute Fortschritte bei der Umsetzung der Empfehlungen erzielt hat. Die HSK wurde über auf Grund dieser Mission getroffene Massnahmen informiert. Das KKB plant, die Peer-Reviews weiterhin in einem Zyklus von sechs Jahren mit dazwischen liegenden Follow-Up-Missionen fortzuführen.

1.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden drei Reaktoroperateur-Anwärter des KKB unter Aufsicht der HSK die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagen-ausbildung an der PSI-Technikerschule. Dies ist eine Voraussetzung für die spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Ein weiterer angehender Reaktoroperateur bestand unter Aufsicht der HSK die Prüfung über die kerntechnischen Grundlagen an der Kraftwerksschule Essen. Für Absolventen einer anderen schweizerischen Technikerschule als derjenigen des PSI liefert diese Ausbildungsstätte die erforderlichen Ergänzungen auf den Gebieten Reaktorphysik und Energietechnik.

Fünf Reaktoroperateure und zwei Schichtchefs des KKB legten ihre Zulassungsprüfung unter Aufsicht der HSK mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem umfangreichen mündlichen Teil, in welchem die Kandidaten ihre detaillierten

theoretischen Kenntnisse zur Anlage und zu den Vorschriften im Beisein der HSK nachweisen müssen, und aus einem praktischen Teil am Simulator. Die Ausbildung und Prüfung des zulassungspflichtigen Betriebspersonals richtet sich nach der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK). Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Im KKB gab es auf den Jahreswechsel 2007/2008 einen Wechsel in der Kraftwerksleitung: Der langjährige Kraftwerksleiter Walter Nef trat auf Ende 2007 in den Ruhestand und übergab die Kraftwerksleitung auf den 1.1.2008 an Dr. Urs Weidmann.

Das Ausbildungsprogramm der Abteilung Betrieb, das die HSK jährlich inspiziert, wurde im Jahr 2007 stark durch die Inbetriebnahme des neuen Anlagensimulators bestimmt. Die vorgesehenen neuen Simulatorinstruktoren nahmen an den Abnahmetests des Simulators teil, was ihnen einen vertieften Einblick in dessen Funktionsweise ermöglichte. Seit April 2007 steht der neue Simulator für die Ausbildung im Einsatz. Bei der Inspektion des Ausbildungsprogramms stellte die HSK fest, dass die Anforderungen der VAPK mit den durchgeführten Ausbildungsmassnahmen erfüllt werden.

Die Inbetriebsetzung des neuen Anlagensimulators stellt einen bedeutenden Fortschritt dar gegenüber der früheren Situation, als im Werk nur ein Kompaktsimulator zur Verfügung stand und für zentrale Teile der Ausbildung ein Grosssimulator in den USA benutzt werden musste, dessen Bedienungsfläche sich von den Kommandoräumen des KKB deutlich unterschied. Die bisherigen, für die Ausbildung nachteiligen Differenzen, zwischen Simulator und Realanlage entfallen nun. Der Simulator wurde durch einen kanadischen Hersteller gebaut, wobei das KKB neben der Projektleitung auch wesentliche Arbeiten bei der Erstellung der Spezifikation, der Modellverifikation und dem Aufbau der Dokumentation leistete. Internationale Vorgaben für KKW-Simulatoren wurden beachtet und eingehalten. Wegen der Vielzahl von Überprüfungen der korrekten Modellierung war ein Team von erfahrenem Betriebspersonal am Standort des Herstellers stationiert, welches noch zeitweise durch Schichtpersonal des KKB unterstützt wurde.

Mit der Inbetriebnahme des neuen Anlagensimulators wurde die entsprechende Auflage aus der Periodischen Sicherheitsüberprüfung von 2004 erfüllt.

1.8 Sicherheitsbewertung

1.8.1 Block 1

Für das Verständnis der Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung sind die Erläuterungen im Anhang wichtig.

Im Jahr 2007 beurteilte die HSK hinsichtlich des Blocks 1 des Kernkraftwerks Beznau über 80 Inspektionsgegenstände und Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit (einschliesslich für beide Blöcke relevante Beurteilungen). Bei der Beurteilung der einzelnen Inspektionsgegenstände und Vorkommnisaspekte kam die HSK für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele					
Sicherheits-ebenen	Ebene 1	N	V	A	N
	Ebene 2		V	N	N
	Ebene 3	N	V	1	N
	Ebene 4		V	V	N
	Ebene 5		N	N	N
mit Bedeutung für alle Ebenen		N		V	N
Barrieren	Integrität der Brennelemente			N	
	Integrität des Primärkreises			N	N
	Integrität des Containments			N	N

Sicherheitsbewertung 2007 KKB1:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass sich keine Inspektionsergebnisse auf die entsprechende Zelle beziehen und keine Vorkommnisse eine Bedeutung für diese Zelle hatten. Die HSK verfolgt aber im Rahmen ihrer gesamten Aufsichtstätigkeit den Zustand aller Zellen der Sicherheitsbewertungsmatrix. 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. Derselbe Sachverhalt ist in der Regel sowohl für Sicherheitsebenen als auch für Schutzziele von Bedeutung, zum Teil auch für die Integrität von Barrieren. Deshalb erscheinen dieselben Sachverhalte im Folgenden an mehreren Stellen.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage

- An zwei Rohrbögen von Frischdampfleitungen wurden Wanddickenunterschreitungen festge-

stellt, die nur befristet zulässig sind, sodass diese Rohrbögen instand gesetzt werden müssen.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage

- Am 21. August 2007 kam es zu einer kombinierten Unverfügbarkeit von Notstand-Dieselgeneratoren. Die HSK bewertete das Vorkommnis als Anomalie (INES 1).

Von Bedeutung sind auch die nachfolgend genannten mit A (Abweichung) bewerteten Sachverhalte.

- Am 25. Juli 2007 lief auf Grund des Versagens eines elektrischen Leistungsschalters eine Pumpe des Containment-Sprühsystems nicht an.

- Am 9. August 2007 fiel die Leistung des für die Notstromversorgung des KKW Beznau genutzten benachbarten Wasserkraftwerks wegen Hochwassers unter den für den Dauerbetrieb der beiden Kernkraftwerksblöcke verlangten Wert.

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:

	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen		
		Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation	
Ziele						
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität	N		N	N	
	Kühlung der Brennelemente	N	V	A	N	
	Einschluss radioaktiver Stoffe		V	A	N	
	Begrenzung der Strahlenexposition			N	N	
	mit Bedeutung für alle Schutzziele		N	N	1	N

Sicherheitsbewertung 2007 KKB1:
Schutzziel-Perspektive

Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

1.8.2 Block 2

Im Jahr 2007 beurteilte die HSK hinsichtlich des Blocks 2 des Kernkraftwerks Beznau über 100 Inspektionsgegenstände und Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit (einschliesslich für beide Blöcke relevante Beurteilungen). Bei der Beurteilung der einzelnen Inspektionsgegenstände und Vorkommnisaspekte kam die HSK für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

Bewertungs-gegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele				
Ebene 1	A	V	A	A
Ebene 2	A		N	N
Ebene 3		V	A	N
Ebene 4		V	A	N
Ebene 5		N	N	N
mit Bedeutung für alle Ebenen	N		V	N
Integrität der Brennelemente				
Integrität des Primärkreises		N	A	V
Integrität des Containments		V	N	N

Sicherheitsbewertung 2007 KKB2:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Ebene 1, Auslegungsvorgaben

■ Auslegungsbedingt zeigen die Speisewasser-Regelventile im Schwachlastbetrieb ein ungünstiges Verhalten. Dies führte beim Abfahren zum Revisionsstillstand zu einer Reaktorschnellschaltung.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage

■ Während Bauarbeiten zur Ertüchtigung von Toren des Brennelement-Lagergebäudes gelangte eisenhaltiger Staub in ein Brennelement-Lagerbecken.

■ An einem Rohrbogen einer Frischdampfleitung wurden Wanddickenunterschreitungen festgestellt, die nur befristet zulässig sind, sodass dieser Rohrbogen instand gesetzt werden muss.

Ebene 1, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

■ Organisatorische Schwachstellen führten zur unteren Zustand und Verhalten der Anlage genannten Verschmutzung eines Brennelement-Lagerbeckens.

Ebene 2, Auslegungsvorgaben

■ Wie bei Ebene 1 erwähnt, zeigen die Speisewasser-Regelventile im Schwachlastbetrieb auslegungsbedingt ein ungünstiges Verhalten.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage

■ Eine gelöste Schraube am Drehzahlüberwachungsgerät verursachte am 18. Juni 2007 während eines Funktionstests eine automatische Abschaltung eines Notstromdiesel-Aggregats.

■ Wie bereits beim Block 1 dargestellt, fiel die Leistung des für die Notstromversorgung des KKW Beznau genutzten benachbarten Wasserkraftwerks wegen Hochwassers unter den für den Dauerbetrieb der beiden Kernkraftwerksblöcke verlangten Wert.

Ebene 4, Zustand und Verhalten der Anlage

■ Wegen des zu tiefen Isolationswiderstands an Kernaustrittstemperatur-Messfühlern wäre bei einem schweren Störfall die Reaktortemperatur an mehreren Messkanälen zu tief angezeigt worden.

Integrität des Primärkreises, Zustand und Verhalten der Anlage

■ An einer Durchführung des Reaktordruckbehälter-Deckels wurde bei einer Ultraschallprüfung eine Anzeige gefunden, die weiter überwacht werden muss.

■ An einer Schweißnaht am Gehäuse eines Regelstabantriebs wurde im Revisionsstillstand eine Borsäureablagerung (weniger als 1 cm³) gefunden. Die betroffene Stelle wird permanent überwacht und später instand gesetzt.

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:

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

Sicherheitsbewertung 2007 KKB2:
Schutzziel-Perspektive

Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

1.8.3 Gesamtbeurteilung

Für das Kernkraftwerk Beznau wird die Gesamtbeurteilung der **Anlage** im Jahr 2007 dominiert durch Schwachstellen im Bereich der Notstromversorgung. Die HSK forderte deshalb eine umfassende Überprüfung der Notstromversorgung und ein Konzept zu deren Verbesserung. Weitere Schwachstellen betreffen Wanddicken von Frischdampfleitungsbögen, Kernaustrittstemperatur-Messfühler und Befunde an Teilen des Primärkreislaufs (Deckel des Reaktordruckbehälters, Regelstabantriebsgehäuse). Die erforderlichen Überwachungs- und Instandsetzungsmassnahmen sind

getroffen worden und im Aufsichtsbericht beschrieben.

Die Gesamtbeurteilung von **Mensch und Organisation** ist positiv, mit Ausnahme des Vorgehens bei der Abdichtung des Brennelement-Lagers.

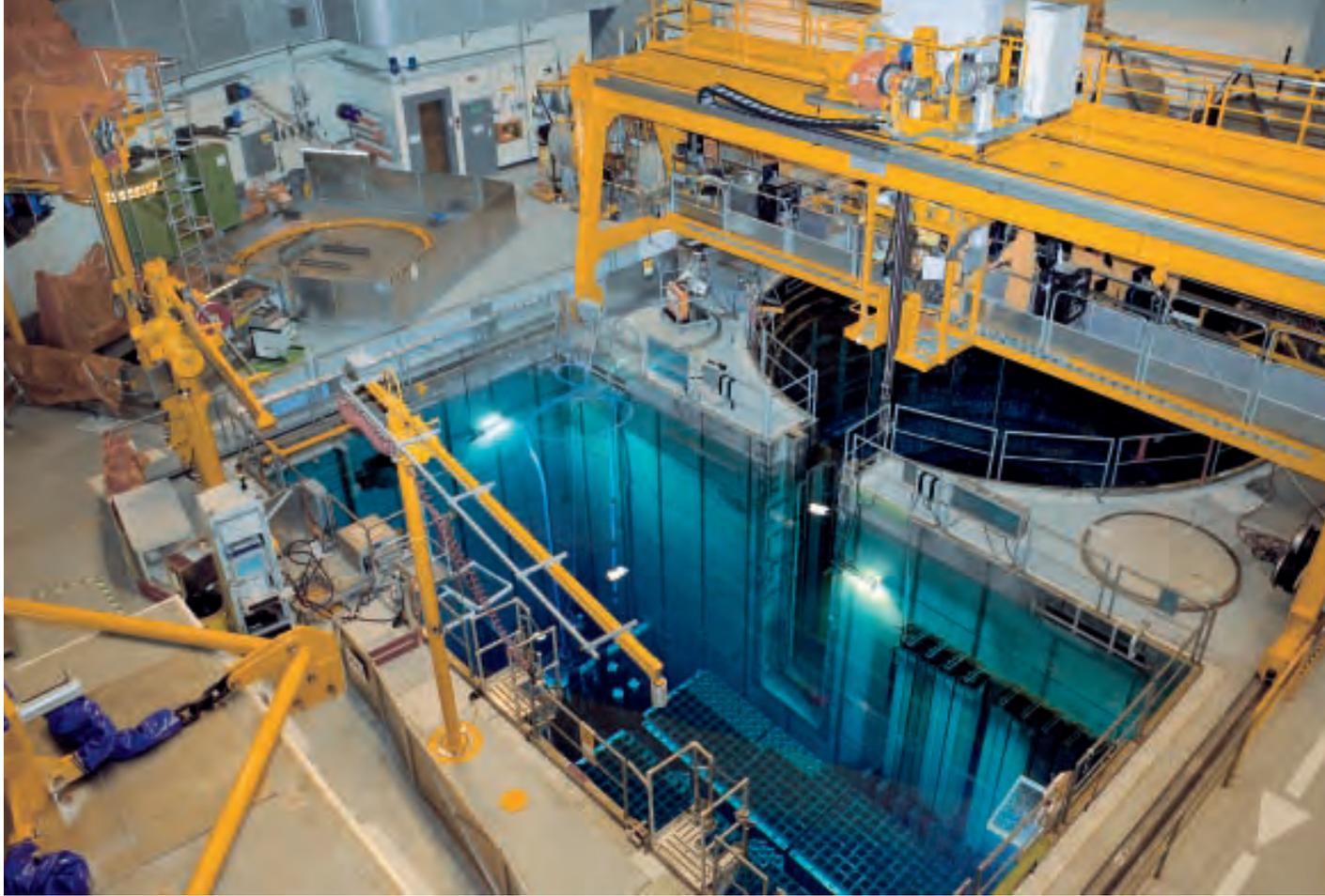
Das Risiko des KKB ist sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwertes. Diese Beurteilung basiert auf der vom KKB Ende 2007 eingereichten PSA, in deren neuartigem Erdbebenanteil die Erkenntnisse aus dem Projekt PE-GASOS umgesetzt sind (siehe Kap. 9.1).

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 Revisionsstillstandes gut durchgeführt. Unter Berücksichtigung des Arbeitsumfangs ist die Strahlenexposition des Personals vergleichbar mit den Vorjahren. Die HSK bestätigt, dass diese Exposition im Sinne der Strahlenschutzverordnung gerechtfertigt, optimiert und innerhalb der vorgegebenen Grenzen ist.

Die HSK stellt fest, dass in beiden Blöcken des KKB während des Jahres 2007 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Sie attestiert dem KKB eine gute Betriebssicherheit.



Brennelementwechsel
im Kernkraftwerk
Mühleberg
Foto: KKM

2. Kernkraftwerk Mühleberg

2.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2007 war im Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb geprägt. Neben dem geplanten Revisionsstillstand kam es zu einer ungeplanten Reaktorschnellabschaltung. Die HSK stellt insgesamt fest, dass das KKM die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten hat. Die HSK bescheinigt dem KKM eine gute Betriebssicherheit.

Im KKM kam es im Berichtsjahr zu einem klassierten Vorkommnis, der oben erwähnten Reaktorschnellabschaltung. Es hatte eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit.

Die HSK hat im Rahmen ihrer Aufsicht rund 60 Inspektionen in allen Fachgebieten durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte die HSK Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung. Während des Revisionsstillstands wurden neben dem Brennelementwechsel und den üblichen Revisionsarbeiten umfangreiche Wiederholungsprü-

fungen durchgeführt. Dabei wurden keine Befunde festgestellt, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen. Zahlreiche Verbesserungen wurden umgesetzt. Beispiele sind die komplette Erneuerung einer Turbinengruppe und der zugehörigen Hauptkühlwasserpumpe sowie der Anbau am Pumpenhaus zur Unterbringung von Transformatoren und Frequenzumrichtern für die neuen drehzahlvariablen Hauptkühlwasserpumpen. Im Berichtsjahr sind keine Brennstab-Hüllrohrdefekte aufgetreten.

Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurde deutlich unterschritten. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen ebenfalls deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte.

Die angefallenen radioaktiven Rohabfälle bewegten sich im mehrjährigen Mittel und sind im internationalen Vergleich mit anderen Anlagen ähnlichen Typs und Alters auf einem niedrigen Niveau.



Zusammenbau einer
Turbine
Foto: KKM

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

Im Berichtsjahr bestand ein Reaktoroperateur-Anwärter die Abschlussprüfungen der kerntechnischen Grundlagenausbildung. Sie ist eine Voraussetzung für die spätere Reaktoroperateur-Zulassungsprüfung. Acht Reaktoroperateure und drei Schichtchefs legten ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab.

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) der BKW FMB Energie AG, welches seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1972 aufnahm, ist eine Siedewasserreaktoranlage mit 355 MW elektrischer Nettoleistung. Weitere Daten der Anlage sind in den Ta-

bellenn 1 und 2 des Anhangs zu finden; Figur 7b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktoranlage.

2.2 Betriebsgeschehen

Das Kernkraftwerk Mühleberg erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 90,6 % und eine Zeitverfügbarkeit von 91,7 %. 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 unten beschriebenen Reaktorschnellabschaltung im Februar 2007 war die Anlage für wenige Stunden nicht verfügbar.

Leistungsreduktionen waren von der Netzleitstelle vorgegeben oder wegen hoher Aare-Wassertemperatur erforderlich, da die Kühlwassertemperatur beim Wiedereintritt in die Aare 33 °C nicht überschreiten darf. Diese Anforderung kann bei hoher Aare-Wassertemperatur, wie sie im Juni und Juli 2007 infolge heisser Witterung auftrat, nur durch eine Verringerung der Reaktorleistung erfüllt werden.

Die ausgekoppelte thermische Energie für die Heizung der Wohnsiedlung «Steinriesel» belief sich auf 1,3 GWh.

Im Berichtsjahr war ein Vorkommnis zu verzeichnen, welches die HSK gemäss Richtlinie R-15 der Klasse B und auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zuordnete:

Am 8. Februar 2007 stieg nach dem routinemässigen Wechsel eines Filters der Kondensatreinigungsanlage die Aktivität des Frischdampfs so weit an, dass eine automatische Reaktorschnellabschaltung und eine Isolation der Frischdampfleitungen ausgelöst wurden. Zum Aktivitätsanstieg des Frischdampfs kam es, weil im Filtermaterial verwendete organische Verbindungen in den Wasserkreislauf des Reaktors gelangten. Diese Stoffe werden normalerweise nach dem Filterwechsel herausgespült, bevor das Filter verwendet wird. Weil der Hersteller das Fabrikationsverfahren verändert hatte, konnten mit dem bisher bewährten Spülverfahren offenbar nicht alle Rückstände entfernt werden. Nach der Reaktorschnellabschaltung stieg auf Grund eines Fehlers der Speisewasser-Regelung das Wasserniveau im Reaktordruckbehälter vorübergehend zu stark an. Die Vorkommnis-Ursache lag letztlich in den

Qualitätskontroll-Prozessen des KKM, wodurch nicht erkannt wurde, dass der Hersteller die Eigenschaften von in der Kondensatreinigungsanlage verwendeten Filtern verändert hatte. Um einer Wiederholung des Vorkommnisses vorzubeugen, ist vorgesehen, die Filterkerzen künftig möglichst während der Jahresrevision zu wechseln und die Steuerung der Kondensatreinigungsanlage so anzupassen, dass eine langsamere und gleichmäßigere Inbetriebnahme möglich ist.

Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind im Anhang in Figur 2 dargestellt.

Folgende Abweichungen im Betriebsgeschehen sind zu berichten:

Am 1. Januar 2007 trat in einer von vier Redundanzen im Reaktorschutzsystem ein Fehler an einer Elektronikbaugruppe auf. Dank der funktionsfähigen anderen Redundanzen waren sämtliche Sicherheitsfunktionen stets verfügbar.

Bei einer Funktionskontrolle am 9. Mai 2007 bewegte sich eine Armatur der bei auslegungsüberschreitenden Störfällen einsetzbaren Hochreservoir-Einspeisung zum Reaktorkernisolations-Kühlsystem nicht korrekt. Grund war eine Störung am elektrischen Stellantrieb.

Nach der unter 2.3.2 dargestellten Sanierung der Brennelement-Wechselmaschine öffnete sich beim Testbetrieb der Greifer des nicht für Brennelemente verwendeten Hilfshubwerks fälschlicherweise, sodass ein gebrauchter Brennelementkasten auf den Boden des Brennelementbeckens abrutschte. Zum Fehlöffnen kam es, weil zwei Luftschläuche vertauscht angeschlossen worden waren, ohne dass dies bei der Funktionsprüfung entdeckt wurde. Das KKM analysierte das Vorkommnis und unterzog im Internen Sicherheitsausschuss Human Factors (ISA-H) insbesondere die organisatorischen und ergonomischen Aspekte einer tieferen Untersuchung. Dabei stellte es fest, dass eine Verkettung verschiedener unabhängiger Faktoren zu dieser Fehlfunktion geführt hatte. Insbesondere zeigten sich verschiedene ergonomische Mängel, welche seit der ursprünglichen Inbetriebnahme des Hilfshubwerks vorhanden und der Bedienmannschaft nicht bewusst waren. Das KKM nimmt eine Reihe von Verbesserungen vor, um ein ähnliches Vorkommnis in Zukunft zu verhindern. Die HSK hat sich über die Vorgehensweise bei der Analyse und deren Resultate orientieren lassen. Sie überzeugte sich, dass die Bearbeitung des Vorkommnisses durch das KKM professionell erfolgte.

2.3 Anlagetechnik

2.3.1 Revisionsarbeiten

Die Arbeiten für die Jahresrevision begannen am 5. August 2007 und dauerten bis zum 4. September 2007. 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 Kontrollen am Reaktordruckbehälter (RDB) und dessen Einbauten, am Kernmantel und an Stützen des RDB sowie am Speisewassersystem. Folgende sicherheitsrelevante Arbeiten sind hervorzuheben:

- Der RDB und dessen Einbauten, insbesondere auch ein Zuganker am Kernmantel, wurden mit Unterwasserkamerasystemen visuell geprüft. Die Prüfungen wurden durch qualifiziertes und zertifiziertes Personal durchgeführt. Die Analyse der Videoaufzeichnungen zeigte – wie bereits in früheren Jahren – als nicht sicherheitsrelevant eingestufte Rissanzeigen an den Austrittsöffnungen der Speisewasserverteiler. Ansonsten wurde ein guter Zustand festgestellt. Im Vergleich mit den Prüfungen von 2003 und 2005 wurden keine neuen bewertungspflichtigen Anzeigen gefunden. Die Edelmetalleinspeisung wird im kommenden Jahr fortgesetzt. Sie hat das Ziel, die Einbauten im RDB vor Spannungsrisskorrosion zu schützen (vgl. Kap. 2.4).
- Am nicht druckführenden Kernmantel wurden die beiden rissbehafteten Rundschweißnähte sowie vier vertikale Schweißnähte mechanisiert mit Ultraschall und Wirbelstrom geprüft. An den vertikalen Schweißnähten des Kernmantels wurden keine bewertungspflichtigen Anzeigen festgestellt. Die mittlere Wachstumsrate aller Rissanzeigen der beiden Rundnähte im Zeitintervall 2005 bis 2007 war geringfügig kleiner als bei den vorangegangenen Messungen. Ein Vergleich der Ultraschallprüfresultate 2007 mit den neuen bruchmechanischen Modellrechnungen bestätigte, dass die bisherigen Annahmen für den Rissfortschritt konservativ getroffen waren. Die Integritätsnachweise für den Kernmantel zeigten, dass bis zur nächsten Rissprüfung der Zustand des Kernmantels keinen Einfluss auf den sicheren Betrieb der Anlage hat.

- An drei Stützen des RDB wurden die Einschweissnähte und Innenkanten wiederkehrend und an anderen Stützen erstmals mechanisiert mit Ultraschall geprüft. Die Prüfungen an den Stützen des RDB ergaben keine bewertungspflichtigen Anzeigen. Die mechanisierte Ultraschallprüfung erfolgte nach einer neuen Prüfanweisung. Zur Verifizierung der Prüfanweisung wurden Testmessungen an einem offenen Testkörper mit geeigneten Testfehlern durchgeführt.
- An den Umwälzleitungen und den nicht druckführenden Kernsprühleitungen wurden erstmals sowohl Mischschweissnähte als auch austenitische Schweissnähte mechanisiert mit einem qualifizierten Ultraschallprüfsystem geprüft. Die austenitischen Schweissnähte wurden mit Gruppenstrahler-Prüfköpfen untersucht, deren Schallfelder mithilfe einer elektronischen Steuerung horizontal und vertikal in vorgegebenen Winkelbereichen geschwenkt werden können. Es wurden keine neuen bewertungspflichtigen Anzeigen festgestellt. Im Vorjahr waren an den Schweissnähten der Kernsprühleitungen vier bewertungspflichtige Anzeigen festgestellt worden.
- Am Speisewassersystem erfolgten mechanisierte Wanddickenmessungen gemäss einer neuen Prüfanweisung. Die Qualifizierung des Prüfsystems erfolgte mittels Blindtest an einem repräsentativen Testkörper. Alle gemessenen Wanddicken lagen über den erforderlichen Mindestwerten.

Schwerpunkte bei den Wiederholungsprüfungen an elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen waren die Komponenten- und verfahrenstechnischen Prüfungen der Leittechnik einer SUSAN-Division, zweier Redundanzen des Reaktorschutzes sowie der Eigenbedarfsanlagen. Weiter wurde die Kapazität sämtlicher Batterien zweier Stränge durch Entladung und Wiederaufladung geprüft. Bei der Leittechnik der Notabluftsysteme wurden in beiden Strängen die Messwertaufnahme und -verarbeitung sowie die Grenzwertgeber geprüft. Sensortests wurden an diversen Messketten und Regelkreisen durchgeführt. Bei den Prüfungen wurden keine unzulässigen Befunde festgestellt. Ergänzend seien die folgenden beiden Instandsetzungsmassnahmen hervorgehoben:

- Der Generator einer Turbinengruppe wurde einer Totalrevision unterzogen. Der Rotor wurde aus- und wiedereingebaut. Am Stator wurden die Nuten neu verkeilt und mit Doppelschrägkeilen versehen sowie eine Wickelkopfverstärkung mit Tangentialverkeilung eingebaut.

- Eine 24-V-Batterie in einer SUSAN-Division wurde vorbeugend ersetzt.

Das Wiederanfahren des Reaktors und der Gesamtanlage dauerte vom 4. bis 10. September 2007. Neben wiederkehrenden Anfahrtests und Einstellarbeiten machten die komplett erneuerte Turbinengruppe, das erneuerte zugehörige Hauptkühlwassersystem und ein modifiziertes Druckentlastungsventil des Dampferzeugersystems spezielle Tests erforderlich. Sämtliche Tests verliefen erwartungsgemäss.

Alle Arbeiten wurden unter Einhaltung einer hohen Qualität und unter Beachtung der Strahlenschutzvorgaben geplant und durchgeführt. Die Prüfungen wurden von der HSK beaufsichtigt. 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 Anlagenänderungen

Im Berichtsjahr wurden namentlich folgende Anlagenänderungen durchgeführt:

- Die Sanierung der Brennelement-Wechselmaschine wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Sie umfasste den Austausch des Teleskopmastes, den Ersatz der Elektro- und Leittechnik, den Einbau neuer Greifer sowie eines neuen Haupthubwerks. Mit der Sanierung wurden auch sicherheitstechnische Verbesserungen vorgenommen. Die Maschine verfügt nun über redundante Hubseile, eine verbesserte Teleskopmastüberwachung, Positionsanzeige und Fahrbereichsvorgabe sowie eine Videoüberwachung des Greifers. Es kann zudem im Feingang gefahren werden. Im Revisionsstillstand 2007 wurde die sanierte Brennelement-Wechselmaschine erstmals über dem offenen Reaktor eingesetzt. Während des Einsetzens von Brennelementen in den Reaktorkern löste sich ein kleines Blechteil von der Brennelement-Lademaschine. Das Teil konnte nicht geborgen werden. Es wurde jedoch nachgewiesen, dass der Verlust dieses Kleinteils die Sicherheit der Anlage nicht gefährdet.
- Im Rahmen eines mehrjährigen Projekts werden die ersten vier Leitschaufelreihen der Hochdruckturbinen ersetzt, die Rotoren sowie Innengehäuse einschliesslich Beschaukelungen der Niederdruckturbinen ausgetauscht sowie drehzahlvariable Hauptkühlwasserpumpen mit neuen Rotoren und Faserkeramiklagern eingebaut.

Zur Unterbringung der erforderlichen Transformatoren und Frequenzumformer wurde 2007 ein Anbau zum Pumpenhaus erstellt. Weiter wurden je eine Hoch- und Niederdruckturbine sowie die zugehörige Hauptkühlwasserpumpe umgebaut. 2008 erfolgt der Umbau der zweiten Niederdruckturbine sowie der zugehörigen Hauptkühlwasserpumpe. Das bessere Verhalten der Turbinengruppe in Bezug auf Laufruhe und Spannungsrisskorrosion an den Schaufelnuten beeinflusst die Betriebssicherheit positiv, der Umbau auf Faserkeramikkager reduziert den Schmiermitteleintrag in die Aare und leistet damit einen Beitrag an den Schutz der Umwelt.

- Der Notstromdieselmotor einer SUSAN-Division wurde gegen einen neuen, nach der einschlägigen Regel des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) gebauten, baugleichen Motor ausgetauscht, wobei auch die im Alterungsüberwachungsprogramm festgelegten Modernisierungen realisiert wurden. Die nach einem 48-stündigen Testlauf durchgeführten Kontrollen haben den einwandfreien Zustand des Aggregates bestätigt. Die Beschaffung eines neuen Notstromdieselmotors war eine sicherheitsgerichtete Entscheidung. Damit entfallen Probleme, die durch Unverfügbarkeit von SUSAN-Notstromdieselmotoren infolge Revision im Herstellerwerk entstehen.
- Die Brandmeldeanlagen beider SUSAN-Divisionen wurden einer Gesamtmodernisierung unterzogen. Der Ersatz erfolgte, weil der Lieferant der bisher eingesetzten Brandmeldeanlage die Verfügbarkeit von Ersatzteilen und den Instandhaltungssupport nicht mehr sicherstellen konnte.
- Die Auslösungen und die Signalisierung der pneumatischen Anregung der Brandschutzventile der beiden Turbinengruppen wurden während der Revision geändert. Mit den Änderungen konnten die Möglichkeiten für Fehlauflösungen reduziert werden.
- Im Bereich elektrische und leittechnische Ausrüstungen wurden während der Revision zahlreiche weitere kleinere Anlagenänderungen durchgeführt. Sicherheitstechnisch erwähnenswert sind die Verbesserungen bei der Zeitmessung von Einzelscram-Auslösungen, die Sanierung der Regelöl Druckmessungen einer Turbinengruppe, die Ausrüstung eines Generators mit einer Rotor-Zustandsüberwachung und einem Core-Monitor zur Detektion von Fremdstoffen, die neue Analogmessung und Grenz-

wertmeldung für die Containmentisolation sowie die Ausrüstung von weiteren fünf Schreiber tafeln im Hauptkommandoraum mit papierlosen Schreibern.

2.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Geringe Aktivitätskonzentrationen im Reaktorwasser und im Abgas der Turbinenkondensatoren liessen den Schluss zu, dass im Berichtsjahr 2007 keine Brennstab-Hüllrohrdefekte aufgetreten sind. Die Brennelementinspektionen während des Revisionsstillstandes 2007 bestätigten dies denn auch für den Zyklus 34 (2006/07). Die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe war somit gewährleistet.

Für den Zyklus 35 (2007/08) wurden von den 240 Brennelementen im Reaktorkern 40 durch neue Brennelemente des Typs GE14 mit einer 10x10-Brennstabanordnung ersetzt. Die HSK hat sich davon überzeugt, dass das KKM neue Brennelemente einsetzt, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.

Um das Betriebsverhalten der Brennelemente bei höherem Abbrand und den möglichen Einfluss der Edelmetalleinspeisung (vgl. Kap. 2.4) in das Reaktorwasser auf die Brennelemente zu prüfen, wurden im Revisionsstillstand neun Brennelemente mit unterschiedlichen Einsatzzeiten mit einer Unterwasserkamera inspiziert. An fünf dieser Brennelemente wurden Oxidschichtdickenmessungen vorgenommen. Alle inspizierten Brennelemente waren in einem guten Zustand.

Nachdem in der Revision 2006 festgestellt worden war, dass zwei Brennelemente am Reaktorrand nicht korrekt in der unteren Kerngitterplatte positioniert waren, hat sich das KKM entschieden, künftig nach jedem Beladen des Reaktorkerns eine zusätzliche visuelle Kontrolle von zwölf Brennelementpositionen am Reaktorrand durchzuführen, was 2007 zum ersten Mal erfolgte.

Während dem Revisionsstillstand wurden keine Steuerstäbe ausgewechselt. Die im Zyklus 34 gemessenen Borkonzentrationen im Reaktorwasser, die einen Hinweis auf Steuerstabdefekte mit dadurch verbundenen Auswaschungen von Bor geben können, bestätigten den guten Zustand der Absorberröhrchen in den Steuerstäben.

Beim routinemässigen Bewegungstest der ganz ausgefahrenen Steuerstäbe stellte das KKM fest, dass sich ein Steuerstab nach dem Einfahren nicht wieder ausfahren liess. Ursache war ein Kurzschluss in der Magnetspule für ein Fahrventil. Die

Funktionstüchtigkeit der Reaktorschnellabschaltung war von dem Vorkommnis nicht betroffen. Beim Ausfahren von Steuerstäben während des Anfahrens der Anlage nach dem Revisionsstillstand bewegte sich ein Steuerstab um zwei Schritte statt um einen Schritt. Der Grund für diese Funktionsstörung lag darin, dass die mit Wasser gefüllten Behälter und Rohrleitungen des Steuerstabantriebssystems nach dem Abschluss der Instandhaltungsarbeiten ungenügend entlüftet worden waren.

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

2.4 Strahlenschutz

Die im Berichtsjahr akkumulierte Kollektivdosis für das KKM betrug 1301,6 Pers.-mSv. Die maximale Individualdosis erreichte 11,6 mSv und lag damit deutlich unter dem Dosisgrenzwert der Strah-

lenschutzverordnung 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.

Die Arbeiten im Revisionsstillstand 2007 führten zu einer Kollektivdosis von 901 Pers.-mSv, der vom KKM vor Beginn der Arbeiten geschätzte Wert lag bei 1130 Pers.-mSv. Dank der schadenfreien Brennelemente war die Ausgangslage für die Revisionsarbeiten radiologisch gesehen auch dieses Jahr sehr günstig. Die geplante Unterbrechung der Wasserstoffeinspeisung rund 48 Stunden vor dem Abfahren der Anlage für den Revisionsstillstand hat erwartungsgemäss zu tiefen Werten des radioaktiven Iod-131 im Frischdampf geführt und damit zur Verminderung der Dosisleistung in der Anlage während des Revisionsstillstands beigetragen.

Erwähnenswert ist die Inbetriebnahme einer zusätzlichen Garderobe mit 200 Plätzen und einem Verbindungskorridor für den direkten Zutritt in die kontrollierte Zone im Maschinenhaus während des sehr arbeitsintensiven Revisionsstillstands. Insbesondere wurden in dieser Zeit umfangreiche Arbeiten an den Hoch- und Niederdruckturbi-

Revision
einer Turbine
Foto: KKM





Revision des Rotors
am Generator
Foto: KKM

nen durchgeführt. Diese temporäre Zutrittsmöglichkeit mit moderner Infrastruktur führte zu einer verbesserten Situation im Vergleich zum bisherigen Zonenübergang. Die Inbetriebnahme einer zusätzlichen Garderobe während des Revisionsstillstands setzt frühere Forderungen der HSK um, den Zonenübergang den höheren Personenfrequenzen anzupassen.

Der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz war immer 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.

Die HSK führte in der Berichtsperiode eine unangemeldete und mehrere angemeldete Inspektionen zum Thema Strahlenschutz durch. In den inspeziierten Bereichen wurden keine Abweichungen festgestellt.

Im Januar 2007 wurde wie in den letzten Jahren eine wasserlösliche Platinverbindung in das Reaktorwasser eingespeist. Primäres Ziel der Edelmetall- und Wasserstoffeinspeisung ist es, die Einbauten im Reaktordruckbehälter vor Spannungsrisskorrosion zu schützen. Als positiver Nebenefekt

zeigte sich im Revisionsstillstand 2007 wieder eine Verringerung der mittleren Dosisleistung um 22 % an den Umwälzschleifen.

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 einschliesslich Tritium. Die quartalsweise von der HSK durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben Übereinstimmung mit den vom KKM gemeldeten Ergebnissen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet die HSK die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKM unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die berechneten Dosen betragen 0,0051 mSv für Erwachsene und 0,0054 mSv für Kleinkinder und liegen somit deutlich unter dem quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,3 mSv/Jahr in der HSK-Richtlinie R-11.

Die Dosisleistungs-Messsonden des von der HSK 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 1,5 mSv einschliesslich natürliche Untergrundstrahlung keine Veränderung gegenüber dem Vorjahr (2006: 1,5 mSv). Bei den quartalsweise von der HSK zur Kontrolle durchgeführten Messungen am Zaun des Kraftwerkareals wurden ebenfalls keine signifikanten Veränderungen festgestellt. Die in Art. 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 2007 der HSK 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 38 m³ höher als im Vorjahr. Darin ist eine künstliche Volumenzunahme alter Abfälle enthalten, die in eine geeignete Form gebracht wurden, um in der Verbrennungs- und Schmelzanlage der ZWILAG verarbeitet werden zu können. Bezogen auf die Masse war der Anfall neuer Abfälle kaum höher als im Vorjahr und bewegt sich im internationalen Vergleich mit Anlagen ähnlichen Typs und Alters 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. Brenn- und schmelzbare Abfälle wurden auch im Berichtsjahr für die Behandlung in der Verbrennungs- und Schmelzanlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert. Der Bestand an unkonditionierten Abfällen ist im KKM mit 92 m³ gering.

Als Konditionierungsverfahren kommt im KKM

ausschliesslich die Zementierung zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen der HSK die gemäss Kernenergieverordnung und HSK-Richtlinie B-05 erforderlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden im KKM mehrmals verbrauchte Harze mit der Verfestigungsanlage CVRS konditioniert. Hinsichtlich der Abfallgebinderarten erteilte die HSK im Berichtsjahr zwei Typengenehmigungen.

Die konditionierten Abfallgebinder werden routinemässig in das werkseigene Zwischenlager eingelagert. Das KKM nutzt aber auch die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Im Berichtsjahr wurden 48 Betoncontainer mit konditionierten Vergiftungsblechen dorthin transportiert. Die radioaktiven Abfälle sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass 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 Berichtsjahr insgesamt 29 t meldepflichtiges Material gemäss den Vorgaben der HSK-Richtlinie R-13 freigemessen. Dabei handelte es sich vorwiegend um Metalle. Eine spezielle Art der Behandlung von Metallen ist das Einschmelzen vor einer inaktiven Wiederverwertung. Die dabei in Form von Schlacken, Filterstäuben und aussortiertem Material anfallenden radioaktiven Sekundärabfälle machen nur einen kleinen Anteil an der ursprünglichen Materialmasse aus. Entsprechende Verarbeitungsanlagen sind nur im Ausland verfügbar und wurden im Jahr 2006 erstmalig für die Verarbeitung von zwei ausgebauten Wärmetauschern genutzt. Im Berichtsjahr erfolgte die Rückführung der zugehörigen Sekundärabfälle. Sie werden gemeinsam mit dem betrieblich anfallenden Rohabfall konditioniert.

In der Revision 2007 waren auf Grund der geplanten umfangreichen Arbeiten überdurchschnittliche Mengen von Rohabfällen angefallen. Es waren dies insbesondere Isolationsmaterial aus der Neuinsulation der Frischdampfleitungen, aber auch die ausgebauten Teile aus dem Ersatz einer Niederdruckturbine. Das Isolationsmaterial wurde wie die zahlreichen kleinstückigen Revisionsabfälle nach Triage in entsprechenden Freimessanlagen der Inaktivfreigabe zugeführt. Die ausgebauten Teile der Turbinen wurden zunächst auf dem Kraftwerksgelände wettergeschützt gelagert, dann de-

montiert, sortiert und fallweise dekontaminiert. Im Rahmen der Vorbereitung von Gebindetransporten zur ZWILAG stellte das KKM Korrosionsbefunde an konditionierten Abfallgebinden fest. Die Abfälle wurden deshalb mit Zustimmung der HSK in neue Gebinde verpackt beziehungsweise das Reparaturkonzept festgelegt.

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 Werk die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Die Inspektion der Bereitschaft der Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen durch die HSK hat gezeigt, dass die entsprechenden Einrichtungen des KKM betriebsbereit sind.

Die HSK hat im Oktober 2007 an der Werksnotfallübung IKARUS die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Das Übungsszenario unterstellte den Ausfall beider Kernsprühsysteme, die

nicht innerhalb der zulässigen Reparaturzeit wieder verfügbar gemacht werden konnten, sodass ein Abfahren der Anlage erforderlich wurde. Im Weiteren wurde eine fehlerhaft ausgelöste Frischdampfisolierung mit nachfolgendem Abschaltversagen unterstellt. Gemäss Szenario musste deshalb Bor zur Reaktorabschaltung eingespiessen werden. Auf Grund ihrer Übungsbeobachtungen kam die HSK zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der HSK-Richtlinie B11 erreicht wurden.

Im Dezember 2007 löste die HSK im KKM ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes bestätigt wurde.

2.7 Periodische Sicherheitsüberprüfung 2005

Der Bundesrat hat in seiner Verfügung vom 28. Oktober 1998 die Betriebsbewilligung für das KKM bis zum 31. Dezember 2012 verlängert und darin auch festgehalten, dass die BKW FMB Energie AG (BKW) die Sicherheit ihrer Anlage periodisch nachzuweisen hat. In der Folge reichte die BKW im Jahr 2001 eine Periodische Sicherheits-

Blick in den geöffneten Reaktor
Foto: KKM



überprüfung (PSÜ) ein. Die HSK erstellte im Jahr 2002 dazu eine sicherheitstechnische Stellungnahme. Für eine Zwischenbewertung musste die BKW bis Ende 2005 ihre PSÜ aktualisieren und der HSK zur Bewertung einreichen (PSÜ 2005). Gemäss der bundesrätlichen Verfügung hatte die HSK zur PSÜ 2005 bis Ende 2007 wiederum Stellung zu nehmen.

Die HSK hat ihre Stellungnahme zur PSÜ 2005 im Dezember 2007 veröffentlicht. Sie kommt darin zum Ergebnis, dass im KKM ein hohes Mass an technischer und organisatorischer Sicherheitsvorsorge getroffen ist, die Anlage während der vergangenen 15 Jahre zuverlässig betrieben wurde und die Voraussetzungen für einen sicheren Weiterbetrieb erfüllt sind. Damit das KKM dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik entspricht, hat die HSK vom Betreiber in der sicherheitstechnischen Stellungnahme 2002 sowie in der Stellungnahme zur PSÜ 2005 Verbesserungsmassnahmen gefordert. Die Forderungen aus der sicherheitstechnischen Stellungnahme 2002 wurden inzwischen alle erfüllt, soweit es sich um terminierte, nicht wiederkehrende Pendenzen handelt. Die in der Stellungnahme zur PSÜ 2005 geforderten, zusätzlichen Verbesserungsmassnahmen betreffen insbesondere die Vervollständigung von Nachweisen. Die BKW hat alle Verbesserungsmassnahmen akzeptiert und mit deren Umsetzung begonnen.

Im Zusammenhang mit dem Kernmantel stellte die HSK fest, dass während der Betriebsperiode 2003 bis 2012 die Risse im Kernmantel voraussichtlich im zulässigen Bereich bleiben werden. Im Jahr 2012 wird die HSK auf der Grundlage der 2010 eingereichten, fortgeschriebenen PSÜ eine neue Bewertung abgeben. Zudem hat die HSK für einen Langzeitbetrieb vom Betreiber des KKM bis Ende 2010 ein überarbeitetes Sicherheitskonzept bezüglich des Kernmantels gefordert.

2.8 Personal und Organisation

2.8.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKM keine Änderungen an der Organisation vorgenommen. Ende 2007 umfasste der Personalbestand 320 Personen (2006: 304).

Das KKM hat im Berichtsjahr die Rezertifizierung erfolgreich bestanden. Sie umfasste das Qualitätsmanagementsystem (ISO 9001), das Umweltmanagementsystem (ISO 14001) sowie Arbeitssi-

cherheit und Gesundheitsschutz (OHSAS 18001). Mit der Rezertifizierung betrachtet die HSK die in der Kernenergieverordnung verlangte periodische Überprüfung des Qualitätsmanagementprogramms durch externe Stellen als erfüllt.

Den Bericht der WANO-Experten, welche im Jahr 2006 eine Peer-Review im KKM durchführten, hat das Werk analysiert und daraus Verbesserungsmassnahmen abgeleitet. Im Berichtsjahr hat das KKM der HSK den Prozess der Peer-Review, die Vorgehensweise zur Festlegung der Verbesserungen und die wichtigsten eingeleiteten Massnahmen vorgestellt.

2.8.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestand ein Reaktoroperateur-Anwärter des KKM unter Aufsicht der HSK die Prüfung der kerntechnischen Grundkenntnisse an der PSI-Technikerschule. Diese Prüfung ist eine Voraussetzung für die spätere Zulassungsprüfung als Reaktoroperateur. Acht Reaktoroperateure und drei Schichtchefs legten ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem umfangreichen mündlichen Teil, in welchem die Kandidaten ihre detaillierten theoretischen Kenntnisse zur Anlage und zu den Vorschriften im Beisein der HSK nachweisen müssen und aus einem praktischen Teil am Simulator. Die Ausbildung und Prüfung des zulassungspflichtigen Betriebspersonals richtet sich nach der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK). Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Die HSK hat das Ausbildungsprogramm der Abteilung Betrieb inspiziert. Für die Anlagenoperateure erfolgten Schulungen zur Erhaltung der Systemkenntnisse und eine Auffrischung praktischer Kenntnisse der Tätigkeiten vor Ort bei Normalbetrieb, beim An- und Abfahren und bei Störfällen. Diese Schulungen erfolgten jeweils vor der Ausführung von Schalthandlungen in speziellen Kursen, in Besprechungen, in Präsentationen während des Schichtdienstes und bei Simulatorübungen. Für das zulassungspflichtige Personal stand die Wiederholungsschulung am Simulator im Vordergrund, in welcher sowohl theoretische und praktische Kenntnisse der Fahrvorschriften vermittelt als auch die Abarbeitung von Stör- und Notfallanweisungen behandelt werden. Dabei werden periodisch auch die wichtigen allgemeinen Verhaltensgrundsätze beim Schichtbetrieb bzw. im Kommandoraum wie beispielsweise STAR (Stop-Think-Act-

Review) oder Informations- und Kommunikationsregeln geschult und praktiziert. Zum Abschluss der Simulatorschulung erfolgt eine Bewertung der Arbeitsweise der Beübten, welche gemäss den Vorgaben der VAPK auch zur Requalifikation und damit der Aufrechterhaltung der Zulassung dient. Führungsseminare für Schichtchefs und deren Stellvertreter und eine Ausbildung zum Thema Sicherheitskultur für die gesamte Belegschaft sind weitere ergänzende Massnahmen zur Förderung des Sicherheitsbewusstseins. Das Ausbildungsprogramm 2007 erfüllt die Anforderungen der VAPK.

2.9 Sicherheitsbewertung

Für das Verständnis der Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung sind die Erläuterungen im Anhang wichtig.

Im Jahr 2007 beurteilte die HSK hinsichtlich des Kernkraftwerks Mühleberg etwa 150 Inspektionsgegenstände und Einzelaspekte von Vorkommnissen bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Bei der Beurteilung der Bedeutung der einzelnen Punkte kam die HSK für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
	Ziele				
Sicherheits Ebenen	Ebene 1	V	A	A	A
	Ebene 2		V	A	N
	Ebene 3			A	V
	Ebene 4		N	A	V
	Ebene 5		N	N	N
	mit Bedeutung für alle Ebenen		N	V	V
Barrieren	Integrität der Brennelemente		V	N	N
	Integrität des Primärkreises			A	
	Integrität des Containments			N	

Sicherheitsbewertung 2007 KKM:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass sich keine Inspektionsergebnisse auf die entsprechende Zelle beziehen und keine Vorkommnisse eine Bedeutung für diese Zelle hatten. Die HSK verfolgt aber im Rahmen ihrer gesamten Aufsichtstätigkeit den Zustand aller Zellen der Sicherheitsbewertungs-

matrix. 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 worden. Derselbe Sachverhalt ist in der Regel sowohl für Sicherheitsebenen als auch für Schutzziele von Bedeutung, zum Teil auch für die Integrität von Barrieren. Deshalb erscheinen dieselben Sachverhalte im Folgenden an mehreren Stellen.

Ebene 1, Betriebsvorgaben

- Weil die Qualitätskontroll-Prozesse nicht in der Lage waren zu erkennen, dass die Eigenschaften von in der Kondensatreinigungsanlage verwendeten Filtern vom Hersteller verändert worden waren, kam es am 8. Februar 2007 zu einer Reaktorschnellabschaltung.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage

- Wegen einer defekten Magnetspule konnte ein Steuerstab mit der betrieblichen Handsteuerung nicht bewegt werden. Die Reaktorschnellabschalt-Funktion war nicht betroffen.

- Nach dem Abschluss eines Messprogramms löste sich eine Speisewasser-Probenahmeleitung aus einer Verschraubung, was zum Austritt einer geringen Menge Speisewasser in das Maschinenhaus führte.

- Während des Einsetzens von Brennelementen in den Reaktorkern löste sich ein kleines Blechteil von der Brennelement-Lademaschine. Das Teil konnte nicht geborgen werden. Es wurde jedoch nachgewiesen, dass der Verlust dieses Teils die Sicherheit der Anlage nicht gefährdet.

- Beim Ausfahren von Steuerstäben während des Anfahrens der Anlage nach dem Revisionsstillstand bewegte sich ein Steuerstab um zwei Schritte statt um einen Schritt.

Ebene 1, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Bei der Sanierung der Brennelementwechsellademaschine waren zwei Luftschläuche vertauscht angeschlossen worden, ohne dass dies bei der Funktionsprüfung entdeckt wurde.

Ebene 2, Zustand und Verhalten der Anlage

- Der bereits bei Ebene 1 genannte Austritt einer geringen Menge Speisewasser aus einer Probenahmeleitung ist auch ein Aspekt der Ebene 2.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage

- In einer von vier Redundanzen im Reaktorschuttsystem trat ein Fehler an einer Elektronikbaugruppe auf. Dank der funktionstüchtigen anderen Redundanzen waren sämtliche Sicherheitsfunktionen stets verfügbar.

Ebene 4, Zustand und Verhalten der Anlage

- Bei einer Funktionskontrolle bewegte sich eine Armatur der bei auslegungüberschreitenden Störfällen einsetzbaren Hochreservoir-Einspeisung zum Reaktorkernisolations-Kühlsystem nicht korrekt.

Integrität des Primärkreises, Zustand und Verhalten der Anlage

- Der bereits bei den Sicherheitsebenen genannte Austritt einer geringen Menge Speisewasser aus einer Probenahmeleitung ist auch ein Aspekt der Integrität des Primärkreises.

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	
	Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Kontrolle der Reaktivität			A	V
Kühlung der Brennelemente			A	N
Einschluss radioaktiver Stoffe		V	A	A
Begrenzung der Strahlenexposition			N	N
mit Bedeutung für alle Schutzziele	V	A	A	V

Sicherheitsbewertung 2007 KKM:

Schutzziel-Perspektive

Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

Für das Kernkraftwerk Mühleberg wird die Gesamtbeurteilung der **Anlage** im Jahr 2007 geprägt durch eine Reihe von Abweichungen mit geringer oder untergeordneter sicherheitstechnischer Bedeutung.

Die Gesamtbeurteilung von **Mensch und Organisation** zeigt wenige Abweichungen. Diese betreffen Arbeiten bei der Sanierung der Brennelement-Wechselmaschine. Die Abweichungen hatten eine untergeordnete sicherheitstechnische Bedeutung.

Das Risiko des KKM ist sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwertes. Diese Beurteilung basiert auf der aktuellen PSA des KKM, in welcher erste Erkenntnisse aus dem Projekt PEGASOS (siehe Kap. 9.1) umgesetzt sind. 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. Die HSK bestätigt, dass diese Exposition im Sinne der Strahlenschutzverordnung gerechtfertigt, optimiert und innerhalb der vorgegebenen Grenzen ist.

Die HSK stellt fest, dass im KKM während des Jahres 2007 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Sie attestiert dem KKM eine gute Betriebssicherheit.



Inspektion von Brennelementen
Foto: KKG

3. Kernkraftwerk Gösgen

3.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2007 war im Kernkraftwerk Gösgen (KKG) geprägt durch einen ungestörten Vollastbetrieb.

Die HSK stellt insgesamt fest, dass das KKG die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten hat. Die HSK bescheinigt dem KKG eine gute Betriebssicherheit.

Ein Hüllrohrschaden mit geringfügiger Brennstoffauswaschung ist als einziges klassiertes Vorkommnis zu verzeichnen. Dieses hat nur eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Die in der Technischen Spezifikation festgelegte Grenze der maximal zulässigen Iod-131-Aktivität im Kühlmittel wurde nicht überschritten.

Die HSK hat im Rahmen ihrer Aufsicht in allen Fachgebieten etwa 50 Inspektionen durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte die HSK Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Während des Revisionsstillstands wurden u. a. zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen an den Hauptkühlmittelleitungen durchgeführt, die Speisewasser-Vollastregelventile ausgetauscht und Verankerungen im Bereich der Druckentlastung des Reaktorkühlsystems saniert.

Das externe Nasslager für abgebrannte Brennelemente befindet sich kurz vor der Fertigstellung. Die Bauarbeiten sind abgeschlossen, die Montage der Systeme im Gang.

Der Erweiterungsbau des Hilfsanlagengebäudes wurde in Betrieb genommen.

Sowohl der Revisionsstillstand als auch das ganze Betriebsjahr zeichneten sich durch eine der tiefsten Kollektivdosen seit Betriebsbeginn aus. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen weit unter den behördlich festgelegten Grenzwerten. Die dadurch verursachten zusätzlichen Strahlendosen für die Bevölkerung sind verglichen mit der natürlichen Strahlenexposition unbedeutend.

Drei Reaktoroperateure, drei Schichtchefs und zwei Picketingenieure bestanden ihre Zulassungsprüfung. Einer der Picketingenieure absolvierte den praktischen Teil der Zulassungsprüfung am Simulator, der andere bereits anlässlich der Werksnotfallübung 2006. Drei Reaktoroperatoranwärter absolvierten die theoretische Grundausbildung an der Reaktorschule des Paul Scherrer Instituts erfolgreich.

Das KKG ist eine 3-Loop-Druckwasserreaktoranlage 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 Druckwasserreaktoranlage.

3.2 Betriebsgeschehen

Das KKG erreichte im Betriebsjahr 2007 eine Arbeitsausnutzung¹ von 96,3 % und eine Zeitverfügbarkeit von 94,9 %. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war zum grössten Teil durch den Revisionsstillstand bedingt. Im Berichtsjahr lieferte die Anlage 201,2 GWh Prozesswärme für die Versorgung der nahe gelegenen Kartonfabrik. Weitere Betriebsdaten sind in Tabelle 2 des Anhangs zusammengestellt, während Figur 1 die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung in den letzten zehn Jahren zeigt.

Das Hochwasser in der Aare vom 8./9. August 2007 hatte auf den Anlagenbetrieb keine Auswirkungen. Die Fremddampflieferung an die Kartonfabrik wurde kurzfristig eingestellt, da die Isolation der Dampfleitung im Bereich der Cartaseta-Brücke über die alte Aare durch Treibgut beschädigt wurde.

2007 war das 17. Jahr in Serie ohne ungeplante Reaktorschnellabschaltung, was im internationalen Vergleich eine herausragende Zeitspanne darstellt.

Im Berichtsjahr war ein Vorkommnis zu verzeichnen, welches von der HSK gemäss Richtlinie R-15 der Klasse B zugeordnet wurden. Auf der internationalen Ereignisskala INES wurde es der Stufe 0 zugeordnet.

Am 25. Juni 2007, kurz nach dem Anfahren der Anlage zum laufenden Betriebszyklus, zeigten die routinemässig durchgeführten Messungen erhöhte Iod- und Edelgasaktivitäten im Primärkreislauf. Die in den darauffolgenden Tagen durchgeführten Messungen bestätigten, dass ein Schaden

an einem Hüllrohr eines Brennstabs vorlag, vorerst ohne Anzeichen für eine Auswaschung von Brennstoff. Am 17. Juli 2007 zeigte die Analyse des Primärwassers einen leichten Anstieg der Iod-134- und Neptunium-239-Aktivität, was zu diesem Zeitpunkt auf eine geringfügige Auswaschung von Brennstoff im Zehntelgramm-Bereich schliessen liess. Der für den Betrieb der Anlage massgebliche Grenzwert der Technischen Spezifikation für die Iod-131-Aktivitätskonzentration im Primärwasser wurde im Berichtsjahr zu keinem Zeitpunkt erreicht. Eine Auswaschung von Brennstoff wird unabhängig von der Menge als Vorkommnis B klassiert. Art und Umfang des Schadens können erst nach der für den Revisionsstillstand 2008 vorgesehenen genauen Inspektion der Brennelemente beschrieben werden.

Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind im Anhang in Figur 2 dargestellt.

Folgende Abweichungen im Betriebsgeschehen sind zu berichten:

Bei einem Probelauf fiel am 31. Januar 2007 ein Notstromdiesel wegen eines Aggregateschutzkriteriums aus. Der Notstromdiesel hätte aber im Anforderungsfall funktioniert. Am 23. Mai 2007 kam es am selben Notstromdiesel zu einem vergleichbaren Ausfall, weshalb die HSK weitergehende Massnahmen forderte, deren Umsetzung am Ende des Berichtsjahrs noch nicht vollständig abgeschlossen war.

Bei einem betrieblichen Regelvorgang liess sich am 12. Februar 2007 eine Drosselklappe, die zur Regulierung der Temperatur des nuklearen Zwischenkühlsystems dient, nicht bewegen. Der Motor des Stellantriebs wurde deshalb ersetzt.

Beim Test der Umschaltung der Anspeisung einer Notstromschiene von einer Anspeisung auf eine andere und wieder zurück verharrte am 2. Mai 2007 die Anspeisung im umgeschalteten Zustand. Die Notstromschiene war trotzdem stets mit Spannung versorgt. Weil das Problem wiederholt aufgetreten ist, hat die HSK Massnahmen zur Verbesserung der Zuverlässigkeit der Umschaltvorrichtung verlangt.

3.3 Anlagetechnik

3.3.1 Revisionsarbeiten

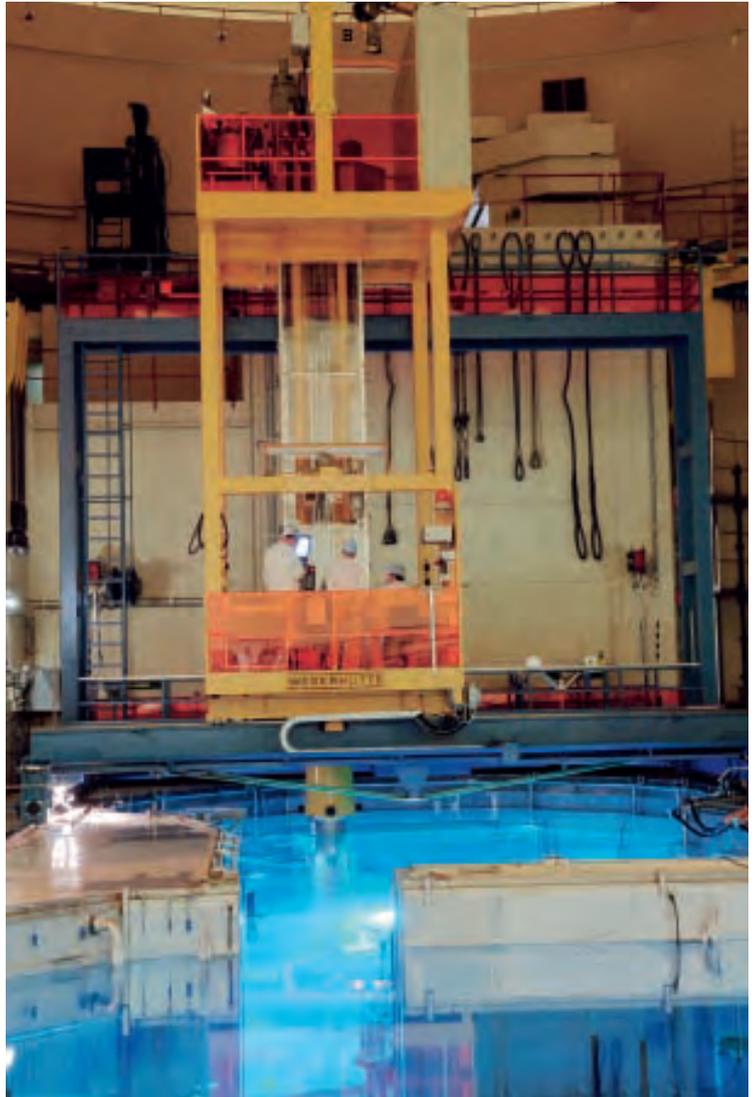
Während des Revisionsstillstandes vom 2. bis 20. Juni 2007 wurden Routinetätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen mechanischer und elektrischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werk-

¹Die berechnete Arbeitsausnutzung basiert auf einer elektrischen Bruttonennleistung von 1020 MW. Infolge der in den letzten Jahren ausgeführten leistungserhöhenden Anlageänderungen im nicht-nuklearen Teil der Anlage liegt die tatsächliche elektrische Bruttonennleistung etwas höher, was den im Vergleich mit der Zeitverfügbarkeit auffällig hohen Wert der Arbeitsausnutzung erklärt. Das KKG wird die Bruttonennleistung anpassen, sobald die letzten Abklärungen zu den erwähnten Anlageänderungen abgeschlossen sind.

stoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt.

Einige der im Revisionsstillstand durchgeführten Arbeiten sind nachfolgend aufgeführt.

- Die HSK hat für die Nachweise des Bruchauschlusses und des Leck-vor-Bruch-Verhaltens an den Hauptkühlmittelleitungen des Primärkreislaufes gefordert, dass die Oberflächen aller Schweißnähte keine unzulässigen Risse aufweisen. Aus diesem Grunde wurden die Innenoberflächen mit Ultraschall (UT) und die Aussenoberflächen mit dem Magnetspulververfahren (MT) geprüft. Dabei wurden keine unzulässigen Risse gefunden.
- An der Primärkalotte und an den Stützen eines Dampferzeugers wurden umfangreiche zerstörungsfreie Prüfungen durchgeführt. Es wurden keine neuen unzulässigen Befunde festgestellt. Die bereits bekannten Anzeigen wurden bestätigt.
- Auf Grund von Befunden in ausländischen Anlagen wurden mechanisierte visuelle Prüfungen an den Kernumfassungsschrauben des unteren Kerngerüsts durchgeführt. Bei 1080 geprüften Schrauben wurden an 9 Schrauben Anrisse in der Napfsicherung festgestellt. Die gefundenen Beschädigungen haben keine Auswirkung auf die Funktionsfähigkeit der Schrauben.
- Die Inneninspektion der Gummierung an den beiden Flutbehältern eines Stranges zeigte einen guten Zustand. Auch die Innenprüfung an den beiden Druckspeichern eines anderen Stranges ergab einen einwandfreien Zustand.
- Alle drei Vollast-Regelventile im Speisewassersystem wurden präventiv ersetzt.
- Zwei Primärsicherheitsventile wurden geprüft und funktionierten einwandfrei. Ein Hauptsicherheitsventil in der Frischdampfleitung eines Dampferzeugers wurde ohne Befund geprüft.
- Wenn bei einem Kühlmittelverlust-Störfall die Borwasservorräte der Druckspeicher und Flutbehälter erschöpft sind, wird auf die so genannte interne Rezirkulation umgeschaltet. In diesem Fall wird das aus dem Leck ausgetretene Wasser im Sumpf des Containments gesammelt und über die Ansaugleitungen den Not- und Nachkühlpumpen zugeführt, in einem Wärmetauscher gekühlt und wieder in den Primärkreislauf eingespiesen. Damit kann der Reaktorkern weiterhin gekühlt werden. Es ist wichtig, dass die Ansaugleitungen der Not- und Nachkühlpum-



Lademaschine
über dem offenen
Reaktordruckbehälter
Foto: KKG

pen frei bleiben und nicht durch faseriges Material, das bei einem Kühlmittelstörfall in den Containmentsumpf gelangen kann, verstopft werden. Deshalb hat das KKG im Revisionsstillstand 2007 das Sumpfgitter vor der Ansaugleitung der Not- und Nachkühlpumpen auch im letzten der vier Stränge durch Kassetten-Strainer ersetzt. Diese weisen verglichen mit den Sumpfgittern eine andere Geometrie und eine viel grössere Ansaugfläche auf, womit die Gefahr einer Verstopfung der Ansaugleitungen weiter reduziert wird.

- Von den 142 geprüften mechanischen Stossbremsen erfüllten 28 die Anforderungen nicht mehr und wurden ersetzt. Der Ersatz von mechanischen Stossbremsen ist Teil der normalen Instandhaltung. Der Anteil liegt im langjährigen Mittel. 30 Rohralterungen und 98 hydraulische Stossbremsen wurden geprüft. Wie sich nachträglich zeigte, wurde beim Wiedereinbau einer Stossbremse an einer Leitung des Not- und

Nachkühlsystems eine Stossbremse falsch montiert. Die benachbarten Stossbremsen hätten bei einem Auslegungserdbeben die Integrität der Leitung dennoch sicherstellen können.

- Bei verschiedenen Anlagenänderungen der letzten Jahre waren im KKG Hinterschnittanker des Typs HILTI-HDA eingesetzt worden. Auf Grund von Befunden im deutschen Kernkraftwerk Biblis wurden die im KKG eingebauten Hinterschnittanker im Revisionsstillstand 2007 umfassend geprüft. Unter den 765 eingebauten Anker wurden 3 identifiziert, die auf Grund falscher Montage nicht die volle Tragfähigkeit hatten. Daraus resultierte keine Sicherheitsgefährdung. 416 Anker waren nicht vollständig spezifikationskonform gesetzt, wiesen aber dennoch die volle Tragfähigkeit auf. 134 Anker waren nicht zugänglich. Weil eine Überprüfung dieser

Instandhaltungs-
arbeiten
Foto: KKG



Anker nur mit einem unverhältnismässigen Aufwand möglich ist, wurde in einem betroffenen Bereich im Herbst 2007 eine Zusatzverankerung angebracht. In einem zweiten betroffenen Bereich wird dies im Revisionsstillstand 2008 erfolgen. Da die Belastungen der betroffenen Dübel bei einem Erdbeben vergleichsweise gering wären und die in den überprüften Bereichen gefundenen Abweichungen von der Spezifikation nicht gravierend sind, ist die HSK mit dem Vorgehen einverstanden.

- An 23 Stellen wurden an sekundärseitigen Rohrleitungen Wanddickenmessungen durchgeführt, um zu prüfen, ob eine Schwächung durch Erosion vorliegt. Die Messungen wurden an Stellen durchgeführt, die im Rahmen einer vorgängigen Analyse als potenziell erosionsgefährdet erkannt wurden. Bis auf einen Leitungsabschnitt, der ersetzt wurde, zeigten die Messungen, dass keine Wanddickenschwächung vorliegt. Anlass zu dieser Überprüfung war ein Vorkommnis im japanischen Kernkraftwerk Mihama, bei dem Erosion zum Versagen einer Rohrleitung geführt hatte.
- Innerhalb des Reaktorschutz-Systems wurde ein systematischer Tausch aller Keramik-Kondensatoren der Spannungswandler und Signalumformer vorgenommen.
- Im Bereich der Starkstromtechnik fand die Fortsetzung des systematischen Austausches von 10-kV-Kabeln statt.
- Ein Fremdnetztransformator wurde ausgetauscht. Die Modernisierung der Schutzeinrichtungen dieser Transformatoren wurde fortgesetzt.
- Im Rahmen des Projekts ANTIKE zum Austausch von nicht ausreichend qualifizierten oder nicht qualifizierbaren Komponenten der Elektrotechnik wurde das vierte von insgesamt fünf Austauschpaketen umgesetzt. An 14 Leittechnik- und an 3 Starkstrom-Unterverteilern wurden die Klemmen ersetzt. Zusätzlich wurde eine Druckmessung im Druckhalter-Abblasebehälter installiert. Mit dem Projekt ANTIKE werden festgestellte Nachweislücken bezüglich Kühlmittelverlust-Störfallfestigkeit und Ringraumleckfestigkeit geschlossen.

3.3.2 Anlagenänderungen

Von den im Berichtsjahr aktuellen Anlagenänderungen ausserhalb des Revisionsstillstands sind folgende erwähnenswert:

- In drei Redundanzen wurden die Notspeisepumpen derart umgebaut, dass auch eine Bespeisung in den drucklosen Dampferzeuger möglich

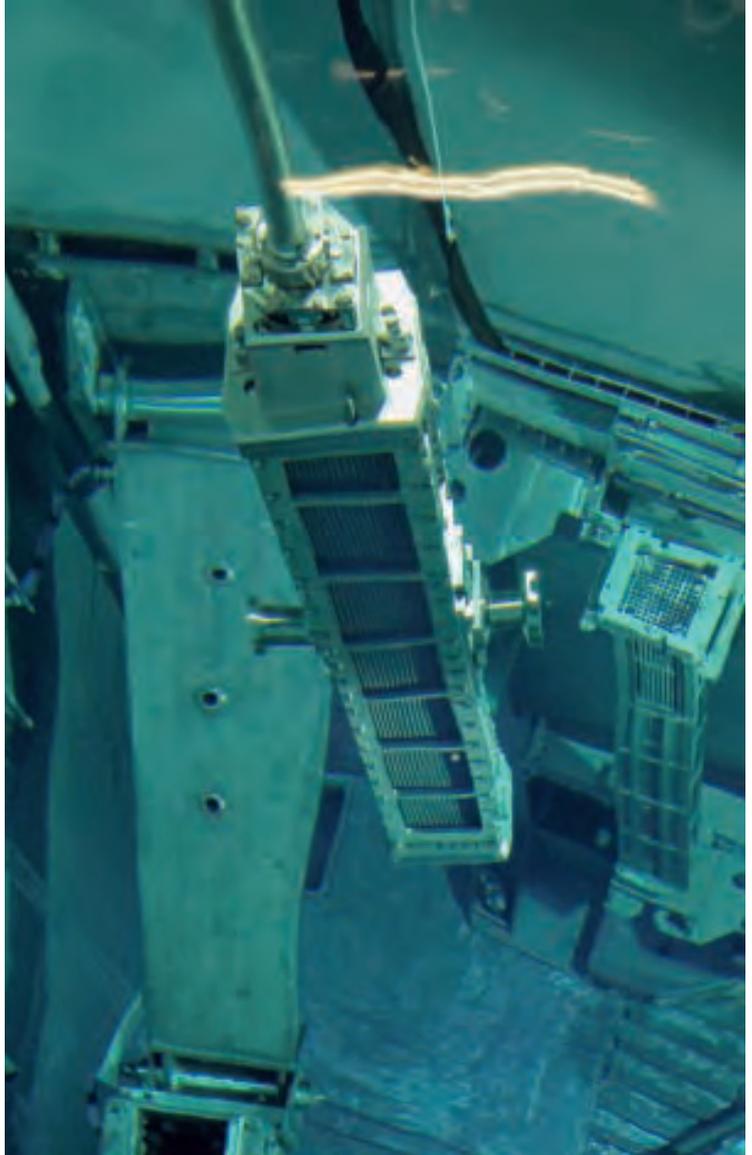
ist. Der höhere Leistungsbedarf wird durch einen leistungsstärkeren Elektromotor erreicht.

- Das externe Nasslager für abgebrannte Brennelemente befand sich am Ende des Berichtsjahres kurz vor der Fertigstellung. Die Bauarbeiten wurden abgeschlossen. Nach der Montage der mechanischen und elektrischen Komponenten wird die Inbetriebnahme erfolgen. Die Leckageprüfung des Beckens wurde erfolgreich durchgeführt.
- Der Erweiterungsbau des Hilfsanlagengebäudes wurde fertig gestellt und im Sommer in Betrieb genommen.
- Die Instrumentierung zur Erfassung von Erdbeben wurde um zwei neue Messstellen ergänzt. Es handelt sich um eine zweite Freifeldmessstelle und eine Felsmessstelle. Sie dienen dem KKG für eine genauere Analyse von seismischen Vorgängen und dem Vergleich der Messsignale untereinander. Die zwei neuen Sensoren werden in das bisherige Aufzeichnungs- und Alarmierungskonzept eingebunden. Damit verfügt das KKG über eine bedienungsfreundliche seismische Instrumentierung auf dem neuesten Stand der Technik. Die Beschleunigungsverläufe werden im Feld und an mehreren Orten in der Anlage erfasst und elektronisch ausgewertet. Die seismische Instrumentierung generiert unter anderem die Alarmer für Betriebserdbeben (OBE) und Sicherheitserdbeben (SSE).

3.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Geringe Aktivitätskonzentrationen im Primärkühlmittel liessen den Schluss zu, dass im 28. Betriebszyklus (2006/2007) keine Brennstab-Hüllrohrdefekte aufgetreten sind. Für den Zyklus 2007/2008 wurden während des Revisionsstillstandes 44 von insgesamt 177 Brennelementen ersetzt. 24 dieser Brennelemente enthalten wiederaufgearbeitetes Uran (WAU) als Brennstoff, die anderen 20 Mischoxid (MOX). Im 29. Betriebszyklus sind im Kern 108 WAU-, 33 Uran- und 36 MOX-Brennelemente eingesetzt. Die HSK hat sich davon überzeugt, dass der Betreiber neue Brennelemente einsetzt, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.

Zur Untersuchung des Brennstabverhaltens bei höherem Abbrand wurden wiederum Testbrennstäbe mit verschiedenen Hüllrohrmaterialien eingesetzt und inspiziert. Zudem wurden an der Struktur von abgebrannten Brennelementen Dimensions- und Oxiddickenmessungen vorgenom-



Auswechseln von Brennelementen unter Wasser
Foto: KKG

men. Die untersuchten Brennelemente zeigten ein gutes Betriebsverhalten.

Erhöhte Aktivitäten im Primärkühlmittel ab Mitte Juli 2007 deuten auf einen Hüllrohrschaden mit Brennstoffauswaschung im laufenden 29. Betriebszyklus hin (vgl. Kap. 3.2).

Die Hüllrohre aller 48 Steuerstäbe wurden während des Revisionsstillstandes mittels Wirbelstromprüfung auf Wanddickenschwächungen und Hüllrohrbeschädigungen untersucht. Elf Steuerstäbe der Erstausrüstung, die bis zu 26 Betriebszyklen im Einsatz waren, haben Rissanzeigen gezeigt und kommen nicht mehr zum Einsatz. Im laufenden 29. Zyklus sind noch 20 Steuerstäbe der Erstausrüstung im Einsatz.

Im Berichtszeitraum ist der Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten sehr gut mit den Ergebnissen der Kernausslegungsberechnungen überein. Es kam zu keinen Überschreitungen von Betriebsgrenzwerten.

3.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2007 belief sich die Kollektivdosis im KKG auf 549 Pers.-mSv. Die höchste im KKG registrierte Individualdosis betrug 11,3 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv wurde deutlich unterschritten.

Bei den Arbeiten während des Revisionsstillstands wurden 452 Pers.-mSv akkumuliert, geplant waren 510 Pers.-mSv. Es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die nicht mit einfachen

Arbeiten an einem
Transformator
Foto: KKG



Mitteln (Waschen, Abbürsten) entfernt werden konnten. Es traten keine Inkorporationen auf. Die Kontrollen der Luft und der Oberflächen in der Anlage gaben keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Der Personalbestand im Strahlenschutz war jederzeit ausreichend.

Die HSK hat sich bei mehreren Inspektionen davon überzeugt, dass im KKG 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 Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser ohne Tritium. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKG betragen rund 23 % des Jahresgrenzwertes. Die quartalsweise von der HSK durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben eine gute Übereinstimmung mit den vom KKG gemeldeten Ergebnissen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet die HSK die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKG unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen sind kleiner als 0,001 mSv für Erwachsene und für Kleinkinder und liegen damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss HSK-Richtlinie R-11.

Die Dosisleistungs-Messsonden des von der HSK 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 signifikante Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Bei den quartalsweise von der HSK zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKG wurden ebenfalls keine signifikanten Erhöhungen gegenüber der Untergrundstrahlung festgestellt. Die nach Art. 102 Abs. 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 der Anlage Gösgen wird auf den Strahlenschutzbericht 2007 der HSK verwiesen.

3.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKG regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Anhang, Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 28 m³ deutlich höher als im Vorjahr. Die Ursache für diese Erhöhung liegt in der Verarbeitung der radioaktiven Schlämme aus mehreren Sammel tanks mittels einer speziell hierfür beschafften Kammerfiltrationsanlage. Diese Schlämme stammen aus der gesamten bisherigen Kraftwerkslaufzeit und werden später zusammen mit anderen Rohabfällen verarbeitet.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Im Jahr 2007 wurden verbrennbare und schmelzbare Rohabfälle zwecks Verarbeitung in der Verbrennungs- und Schmelzanlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert. Der Bestand an unkonditionierten Abfällen im KKG ist mit 48 m³ sehr gering.

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 HSK-Richtlinie B05 erforderlichen Typengenehmigungen der HSK vor. Im Jahr 2007 wurden 12 Gebinde mit Waschwasserkonzentraten konditioniert. Die seit Betriebsaufnahme im Lagerbecken gesammelten, aktivierten Kerneinbauten wurden im Berichtsjahr zerlegt und in fünf Abschirmbehälter vom Typ MOSAIK eingestellt. Die befüllten Behälter wurden verschlossen, entwässert und getrocknet. Nach erfolgreicher Dichtheitsprüfung wurden sie zum ZZL transportiert. Ebenso wurden zwei 200-Fässer mit aktivierten Kernbauteilen gefüllt, mit Vergussmörtel endkonditioniert und in das KKG-Zwischenlager eingelagert.

Die radioaktiven Abfälle sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Im Sinne der Minimierung radioaktiver Abfälle wurden im Jahr 2007 aus dem KKG erhebliche Mengen an Beton sowie kleine Mengen an Metal-

len gemäss den Vorgaben der Richtlinie HSK R-13 als inaktiv frei gemessen. Es handelte sich um rund 74 t meldepflichtiges Material, 86 % davon war Beton.

3.6 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des KKG 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 KKG die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Die Inspektion der Bereitschaft der Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen hat gezeigt, dass die KKG-Einrichtungen betriebsbereit sind.

Das KKG hat am 30. Oktober 2007 zusammen mit den Stellen der EOR und weiteren Bundesstellen an der Rahmenstabsübung LEDA I teilgenommen. Als Szenario diente die Vorphase des der Gesamtnotfallübung LEDA II zugrunde gelegten Szenarios. Die HSK hat während der Gesamtnotfallübung LEDA II vom 7. November 2007 die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Das Szenario ging von einer Drohung gegen das Kernkraftwerk und einem absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturz aus. Die HSK kam auf Grund ihrer Übungsbeobachtungen zum Schluss, dass die Übungsziele erreicht wurden.

Anlässlich der Gesamtnotfallübung LEDA II erfolgte das Aufgebot der KKG-Notfallorganisation ohne Vorankündigung. Dabei wurde die rasche Einsatzbereitschaft des KKG-Notfallstabes bestätigt.

3.7 Personal und Organisation

3.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKG keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen. Da der Generationenwechsel auch weiterhin im Gange ist, liegt der Schwerpunkt des KKG im Bereich Personal und Organisation in einer langfristigen Personalplanung mit dem Kompetenzerhalt in allen Bereichen. Ende 2007 arbeiteten im KKG 401 Personen (2006: 390).

2007 führte die SQS die Wiederholaudits für das Managementsystem des KKG auf Grund der Normen ISO 9001:2000 (Qualität), ISO 14001:2004 (Umwelt) und OHSAS 18001:1999 (Arbeitsschutz und Gesundheit) durch. Die SQS machte einige

Hinweise für mögliche Verbesserungen. Das KKG erhielt die Zertifikate für alle drei Normen ohne Auflagen.

Im März 2007 führte die WANO im KKG eine Peer-Review durch. Das KKG hat die HSK über die wesentlichen Ergebnisse orientiert.

3.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden drei Reaktoroperateur-Anwärter des KKG unter Aufsicht der HSK die Prüfung der kerntechnischen Grundkenntnisse an der PSI-Technikerschule. Dies ist eine Voraussetzung für die spätere Zulassungsprüfung als Reaktoroperateur. Drei Reaktoroperateure, drei Schichtchefs und zwei Pikettingenieure legten ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem umfangreichen mündlichen Teil, in welchem die Kandidaten ihre detaillierten theoretischen Kenntnisse der Anlage und der Vorschriften im Beisein der HSK nachweisen müssen, und aus einem praktischen Teil am Simulator. Für die Pikettingenieure besteht der praktische Teil im Pikett-Einsatz an einer regulären Notfallübung oder einer speziellen Übung für die Zulassungsprüfung am Simulator. Die Ausbildung und Prüfung des zulassungspflichtigen Betriebspersonals richtet sich nach der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK). Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

In der Kraftwerksleitung kam es im Berichtsjahr zu einem Wechsel: Kurt Kohler übergab auf den 1. Mai 2007 die Leitung des KKW Gösgen an Dr. Guido Meier.

Die HSK inspizierte das Ausbildungsprogramm der Abteilung Betrieb. Für die Wiederholungsschulung der Anlagenoperateure legte das KKG besonderes Gewicht auf die Erhaltung der Systemkenntnisse durch die Wiederholung des Betriebsgrundlagenkurses und auf die Aktualisierung wichtiger praktischer Kenntnisse bei schwierigen Handlungen und Überwachungen. Zusätzlich wurden Erkenntnisse aus internen und externen Ereignissen mit Relevanz für die Anlagenoperateure behandelt. Für das zulassungspflichtige Personal standen die Wiederholungsschulung am Anlagensimulator beziehungsweise die Requalifikation im Vordergrund. Dazu wurden sowohl theoretische Kenntnisse als auch praktische Vorgehensweisen zur Anwendung der Betriebsvorschriften sowie der Stör- und Notfallanweisungen vermittelt. Durch die Wiederholungsschulung der kerntechnischen Grundlagen wie etwa Reaktorphysik und Kern-

kraftwerkschemie und der Schulung am Glasmockmodell eines Druckwasserreaktors an der Kraftwerksschule in Essen wurde das Basiswissen verbessert und damit das Sicherheitsbewusstsein gestärkt. Die Führungsschulung für Schichtchefs und Pikettingenieure förderte die Kommunikation und das Teamverhalten.

Gesamthaft konnte die HSK feststellen, dass das Ausbildungsprogramm 2007 des KKG und dessen Umsetzung die Anforderungen der VAPK erfüllt.

3.8 Sicherheitsbewertung

Für das Verständnis der Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung sind die Erläuterungen im Anhang wichtig.

Im Jahr 2007 beurteilte die HSK hinsichtlich des Kernkraftwerks Gösgen über 110 Inspektionsgegenstände und Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Bei der Beurteilung der Bedeutung der einzelnen Punkte kam die HSK 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
Sicherheits Ebenen	Ebene 1		N	A	A
	Ebene 2		V	N	N
	Ebene 3		N	A	A
	Ebene 4		N	N	N
	Ebene 5		N	N	N
	mit Bedeutung für alle Ebenen		V	N	A
Barrieren	Integrität der Brennelemente			A	N
	Integrität des Primärkreises		V	N	V
	Integrität des Containments				

Sicherheitsbewertung 2007 KKG:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass sich keine Inspektionsergebnisse auf die entsprechende Zelle beziehen und keine Vorkommnisse eine Bedeutung für diese Zelle hatten. Die HSK verfolgt aber im Rahmen ihrer gesamten Aufsichtstätigkeit den Zustand aller Zellen der Sicherheitsbewertungsmatrix. 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 worden. Derselbe Sachverhalt ist in der Regel sowohl für Sicherheitsebenen als auch für Schutzziele von Bedeutung, zum Teil auch für die Integrität von Barrieren. Deshalb erscheinen dieselben Sachverhalte im Folgenden an mehreren Stellen.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage

- Eine Drosselklappe, die zur Regulierung der Temperatur des nuklearen Zwischenkühlsystems dient, liess sich nicht bewegen.

Ebene 1, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Eine Stossbremse an einer Leitung des Not- und Nachkühlsystems war falsch montiert worden. Die benachbarten Stossbremsen hätten bei einem Auslegungserdbeben die Integrität der Leitung dennoch sicherstellen können.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage

- Der unter Ebene 1 dargestellte Ausfall einer Drosselklappe des nuklearen Zwischenkühlsystems hat neben der betrieblichen Bedeutung auch eine Bedeutung für die Kernnotkühlung. Durch eine redundante Drosselklappe hätte der Ausfall kompensiert werden können.

- Beim Test der Umschaltung der Anspeisung einer Notstromschiene von einer Anspeisung auf eine andere und wieder zurück verharrte die Anspeisung im umgeschalteten Zustand. Die Notstromschiene war stets mit Spannung versorgt.

- Bei einem Probelauf fiel am 31. Januar 2007 ein Notstromdiesel wegen eines Aggregateschutzkriteriums aus. Der Notstromdiesel hätte aber im Anforderungsfall funktioniert.

- Am 23. Mai 2007 kam es am selben Notstromdiesel zu einem vergleichbaren Ausfall.

Ebene 3, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Die bei Ebene 1 erwähnte falsch montierte Stossbremse an einer Leitung des Not- und Nachkühlsystems hatte auch eine Bedeutung auf Sicherheitsebene 3, weil das Not- und Nachkühlsystem nicht nur der betrieblichen Nachkühlung, sondern auch der Notkühlung dient.

mit Bedeutung für alle Ebenen, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Bei Überprüfungen im Revisionsstillstand 2007 wurden 3 Hinterschnittanker identifiziert, die auf Grund falscher Montage nicht die volle Tragfähigkeit hatten. Daraus resultierte keine Sicherheitsgefährdung.

Integrität der Brennelemente, Zustand und Verhalten der Anlage

- Kurz nach dem Anfahren der Anlage nach dem Revisionsstillstand zeigten die routinemässig durchgeführten Messungen erhöhte Iod- und Edelgasaktivitäten im Primärkreislauf einen Schaden an einem Hüllrohr eines Brennstabs an. 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:

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

Sicherheitsbewertung 2007 KKG:

Schutzziel-Perspektive

Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

Für das Kernkraftwerk Gösgen zeigt die Gesamtbeurteilung der **Anlage** im Jahr 2007 nur vereinzelt Abweichungen, die alle von geringer oder untergeordneter sicherheitstechnischer Bedeutung sind. Diese betreffen eine geringfügige Brennstoffleckage, Störungen an Dieselaggregaten, welche deren Funktion im Anforderungsfall nicht verhindert hätten, sowie eine Schwachstelle im Bereich einer Notstromschienenumschaltung, die nicht zu einem Spannungsausfall geführt hat.

Auch die Gesamtbeurteilung von **Mensch und Organisation** zeigt nur wenige Abweichungen, die zudem von untergeordneter sicherheitstechnischer Bedeutung sind. Sie betreffen einen Montagefehler bei einer Stossbremse und Montagefehler bei einigen Hinterschnittankern.

Das Risiko des KKG ist sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwertes. Diese Beurteilung basiert auf der aktuellen PSA des KKG, in welcher erste Erkenntnisse aus dem Projekt PEGASOS (siehe Kap. 9.1) umgesetzt sind.

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 Strahlenex-

position des Personals vergleichbar mit den Vorjahren. Die HSK bestätigt, dass diese Exposition im Sinne der Strahlenschutzverordnung gerechtfertigt, optimiert und innerhalb der vorgegebenen Grenzen ist.

Die HSK stellt fest, dass im KKG während des Jahres 2007 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Sie attestiert dem KKG eine gute Betriebssicherheit.



Luftaufnahme des
Kernkraftwerks
Leibstadt
Foto: KKL

4. Kernkraftwerk Leibstadt

4.1 Überblick

Im Betriebsjahr 2007 befand sich das Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) in einem weitgehend ungestörten Volllastbetrieb, der am 6. März 2007 durch eine Reaktorschnellabschaltung wegen einer fehlerhaften Auslösung des automatischen Druckabbau-Systems für zwei Tage unterbrochen wurde. Der jährliche Revisionsstillstand wurde termingemäss durchgeführt. Die HSK stellt insgesamt fest, dass im KKL während des Jahres 2007 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Die HSK bescheinigt dem KKL eine ausreichende Betriebssicherheit. Diese Beurteilung berücksichtigt eine Reihe von Schwachstellen in den Bereichen Mensch und Organisation, die sich auf das Verhalten der Anlage ausgewirkt haben. Diese betreffen namentlich die Instandhaltungsplanung, aber auch die Umsetzung von Vorgaben.

Die HSK wird im Rahmen ihrer Inspektionstätigkeit einen Schwerpunkt auf die Überprüfung einer korrekten Instandhaltungsplanung und deren Umsetzung legen.

Im Berichtsjahr kam es im KKL zu drei klassierten Vorkommnissen. Ein Vorkommnis führte zu einer geringfügigen Reduktion der nuklearen Sicherheit und wurde der Stufe 1 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt. Die anderen hatten eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit und wurden der Stufe 0 zugeteilt.

Im Rahmen der Analyse des Vorkommnisses vom 6. März 2007 wurde das Programm für zerstörungsfreie Prüfungen im Revisionsstillstand erweitert. Besondere Bedeutung erhielten die wiederkehrenden Prüfungen am Umwälzsystem. An den Schweißnähten der Umwälzleitung wurden neue Befunde festgestellt, die jedoch nicht mit dem Vorkommnis in Zusammenhang stehen. Die

bruchmechanische Bewertung ergab, dass diese zulässig sind. Eine verstärkte Überwachung ist erforderlich. Die visuelle Prüfung der Kerneinbauten ergab keine Befunde.

Im Berichtszeitraum gab es keine Brennelementschäden. Die Borsäurekonzentration im Reaktorwasser ist auf Grund von Leckagen an Steuerstäben im Jahresverlauf wieder leicht gestiegen.

Im Zuge der langfristigen Modernisierung der leittechnischen Einrichtungen wurden nach Abschluss der ersten Etappe im Jahr 2007 weitere Verbesserungen vorgenommen.

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

Die HSK führte in allen Fachgebieten rund 60 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte die HSK Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Im Berichtsjahr bestand ein Reaktoroperator-Anwärter die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenbildung. Sie ist eine Voraussetzung für die spätere Zulassungsprüfung als Reaktoroperator.

Das KKL ist eine Siedewasserreaktoranlage. 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 Siedewasserreaktoranlage.

4.2 Betriebsgeschehen

Das KKL verzeichnete in seinem 23. Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 92,8 % und eine Zeitverfügbarkeit von 94,5 %. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der letzten 10 Jahre sind im Anhang in Figur 1 dargestellt. Am 6. März 2007 kam es zu einer ungeplanten Reaktorschnellabschaltung (siehe unten). Darüber hinaus gab es kein unvorhergesehenes Abfahren der Anlage und keine störungsbedingte Leistungsreduktion zu verzeichnen.

An mehreren heissen Tagen in den Sommermonaten musste die Reaktorleistung infolge der hohen Umgebungstemperaturen reduziert werden.

Im Berichtsjahr waren drei Vorkommnisse zu verzeichnen, welche von der HSK gemäss HSK-Richt-

linie R-15 der Klasse B zugeordnet wurden. Auf der internationalen Ereignisskala INES wurden eines dieser Vorkommnisse der Stufe 1 und zwei der Stufe 0 zugeordnet.

■ Reaktorschnellabschaltung auf Grund des Öffnens von Sicherheitsabblaseventilen

Das der Stufe INES 1 zugeordnete Vorkommnis ereignete sich am 6. März 2007, nachdem durch eine fehlerhafte Vorgehensweise bei der leittechnischen Absicherung für Instandhaltungsarbeiten an Blitzschutzbeschaltungen das automatische Druckentlastungssystem SEHR-ADS initialisiert wurde. Dies führte zum Öffnen von 8 der 16 Sicherheitsabblaseventile. Dadurch wurde plötzlich eine grosse Menge Frischdampf aus dem Reaktor direkt in die Druckabbaukammer geleitet. Diese zusätzliche Dampfabfuhr aus dem Reaktor führte zu einem raschen Absinken des Füllstandes im Reaktordruckbehälter. Beim Unterschreiten des dafür vorgesehenen Grenzwertes löste der Reaktorschutz auslegungsgemäss die automatische Schnellabschaltung des Reaktors aus. Unmittelbar danach wurden die Frischdampfisolationsventile automatisch geschlossen, die Speisewasserpumpen abgeschaltet und nach etwa zwei Minuten erfolgte die Isolation des Containments. Die Hochdruck-Not-einspeisesysteme RCIC und HPCS wurden gestartet, ebenso die Notstromdieselgeneratoren. Die Schichtmannschaft fokussierte sich in der Anfangsphase auf die Sicherstellung eines genügenden Füllstands im Reaktordruckbehälter. In der zweiten Phase wurde der Druck im Reaktordruckbehälter stabilisiert, gefolgt vom Abkühlen der Anlage.

Das technische Verhalten der Anlage entsprach weitgehend der Auslegung. Allerdings kam es nach der fehlerhaften Auslösung des automatischen Druckabbau-Systems zum Ausfall einer Redundanz des nuklearen Zwischenkühlwassersystems. Die Handlungen der Schichtmannschaft waren sicherheitsgerichtet und orientierten sich korrekterweise am Schutzziel «Kühlung der Brennelemente».

Die direkte Ursache des Vorkommnisses war ein fehlerhaftes Umsetzen von Arbeitsvorschriften bei leittechnischen Absicherungsmaßnahmen für Instandhaltungsarbeiten an den Blitzschutzbeschaltungen. Mit den leittechnischen Absicherungsmaßnahmen wollte man ein Fehlöffnen von Sicherheitsabblaseventilen während der Instandsetzungsarbeiten vermeiden. Um dies zu erreichen, müssen durch das Setzen von



Abtransport eines
Kondensatpumpen-
motors zur Inspektion
Foto: KKL

Überbrückungen diverse Signalzustände simuliert werden. Bei diesem Arbeitsschritt wurde die entsprechende Arbeitsvorschrift nicht korrekt umgesetzt – es wurden mehrere Überbrückungen an Stellen gesetzt, an denen die Voraussetzungen für das Setzen einer Überbrückung nicht erfüllt waren. Dies führte dazu, dass für die Logik des SEHR-Systems schliesslich die Bedingungen zum Öffnen von 8 Sicherheitsabblaseventilen erfüllt wurden. Bisher wurden die Instandhaltungsarbeiten an den Blitzschutzbeschaltungen jeweils während des Revisionsstillstands durchgeführt, 2007 erstmals im Rahmen der Revision der betreffenden Division des SEHR-Systems, die wie üblich während des Volllastbetriebes durchgeführt wird. Auf Grund dieser zeitlichen Verlegung der Arbeiten hatte der Fehler eine Auswirkung, die er im Revisionsstillstand nicht gehabt hätte.

Zum Vorkommnis trugen Mängel in den Arbeitsvorschriften und weitere Abweichungen von vorgeschriebenen Arbeitsabläufen bei. So wurde die Arbeitsvorschrift vor der erstmaligen Durchführung der Instandhaltungsarbeiten an den Blitzschutzbeschaltungen während des Leistungsbetriebs nur ungenügend an die Besonderheiten des Leistungsbetriebs angepasst. Neben der bereits erwähnten fehlerhaften Simulation von Signalzuständen wurde auch die vorgeschriebene Kommunikationsverbindung zwischen dem Instandhaltungspersonal in der

Anlage und dem Hauptkommandoraum nicht aufgebaut. Die HSK hat durch Einsichtnahme in die vertiefende Analyse des KKL geprüft, ob die erkannten Schwachstellen systematischer Natur sind. Sie stellte fest, dass nicht mehrere Akteure von Vorgaben abweichen und die Abweichungen damit nicht für die Organisation systematisch sind. Die HSK fand keine Hinweise, dass absichtlich von Vorgaben abgewichen wurde. Weiter war nicht allen an der Planung der Instandhaltungsarbeiten Beteiligten klar, dass die Auslösung der Druckentlastung durch das SEHR-System auch während der Revision der betroffenen Division möglich ist. In der Folge wurde keine Vorbesprechung der Arbeiten durchgeführt, wie dies in solchen Fällen vorgesehen wäre. Das KKL hat auf Grund der vertiefenden Analyse der zum Vorkommnis beitragenden organisatorischen Faktoren eine Reihe von Massnahmen getroffen, um die Arbeitsvorbereitung zu verbessern.

Infolge des raschen Druckabfalls nach dem Öffnen der Sicherheitsabblaseventile und durch das Einspeisen von kaltem Wasser kam es an verschiedenen Komponenten zu einer raschen Abkühlung, verbunden mit entsprechenden thermischen Spannungen. Die HSK hat auf der Basis erster strukturmechanischer Bewertungen dem Wiederauffahren der Anlage zugestimmt. Wie von der HSK verlangt, hat das KKL später weiterführende thermohydraulische Analysen

vorgenommen und während des Revisionsstillstands umfangreiche Inspektionen durchführt. Es bestehen keine Hinweise, dass die Auslösung des automatischen Druckabbau-Systems zu Auswirkungen geführt hat, welche längerfristig die Integrität des Primärkreislaufs in Frage stellen würden.

- Wasseraustritt aus der Druckabbaukammer (DAK) in das SEHR-Notstandsgebäude
Im Rahmen des Revisionsstillstands wurden zwei Sicherheitsventile an Rücklaufleitungen der DAK zu Revisionszwecken ausgebaut. Diese Ventile befinden sich in Räumen des SEHR-Gebäudes. Die Rohrleitungen wurden nach der Demontage der Sicherheitsventile nicht mit Blindflanschen verschlossen. Infolge von Mängeln bei der Absicherung und ungenügender Koordination mit anderen Prüfarbeiten wurde eine Absperrarmatur geöffnet und ein durchgehender Pfad von der DAK zu den offenen Rohrleitungen geschaf-

Brennelement-Lager
und Brennelement-
Handhabungsmaschine
über dem Becken
Foto: KKL



fen. In der Folge flossen etwa 90 m³ schwach radioaktives Wasser aus der DAK in die unteren Räume des SEHR-Gebäudes. Das Wasser wurde über das Gebäudeentwässerungsnetz für radioaktive Abwässer abgepumpt und die betroffenen Räume wurden dekontaminiert. Für drei Räume, in denen in nicht begehbaren Bereichen mit einer Restkontamination zu rechnen ist, wurde eine restriktive Zutrittsregelung getroffen. Es wurde kein radioaktives Wasser an die Umwelt abgegeben. Verschiedene von der Überflutung betroffene Komponenten wurden ersetzt. Die Kühlung der Brennelemente war trotz vorübergehend leicht abgesunkenem Wasserniveau der DAK zu keinem Zeitpunkt gefährdet.

Ursache des Vorkommnisses war eine Kombination verschiedener organisatorischer Mängel. Damit liegt eine Parallele zum oben diskutierten, fälschlichen Öffnen der Sicherheitsabblaseventile vor. Zudem wurden die Lehren aus einem früheren, vergleichbaren Vorkommnis in der Praxis nicht konsequent umgesetzt.

Das KKL hat umfangreiche Massnahmen festgelegt, die geeignet sind, die Wahrscheinlichkeit eines vergleichbaren Vorkommnisses signifikant zu vermindern.

- Ausfall eines Notstromdiesels bei einem Systemfunktionstest

Am 1. März 2007 ist ein Notstromdiesel anlässlich des monatlichen Systemfunktionstests nicht ordnungsgemäss gestartet. Die Befunde wiesen darauf hin, dass das Startventil eines Zylinders nicht funktionierte. Über die Startventile wird beim Anlassen Startluft in einen oder zwei Zylinder geführt und so der Dieselmotor in Umdrehung versetzt. Vorsorglich wurden alle zehn Startventile ausgetauscht. Der anschliessende Systemfunktionstest verlief fehlerfrei.

Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind im Anhang in Figur 2 dargestellt.

Eine Abweichung im Betriebsgeschehen betraf einen monatlichen Test eines Notstromdiesel-Aggregats am 9. Mai 2007. Nach dem Start des Notstromdieselmotors fielen im Hauptkommandoraum Anzeigeeinstrumente aus, welche sich auf den Funktionszustand des betroffenen Dieselmotors und der davon versorgten Systeme bezogen. Deshalb schaltete die Schichtmannschaft den betroffenen Notstromdiesel für die Störungssuche manuell aus. Ursache war eine Störung an einem Ladegleichrichter.

Während eines Systemfunktionstests wurde ein Steuerstab unbeabsichtigt um einige Schritte

ausgefahren. Das Stabmusterkontrollsystem verhinderte in der Folge ein weiteres Ausfahren des Steuerstabes und löste einen entsprechenden Alarm aus. Zum Fehler beigetragen hat die Ausgestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Bereich des Reaktorfahrpults.

4.3 Anlagetechnik

4.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstandes vom 4. bis 22. August 2007 wurden geplante Instandhaltungsmassnahmen wie Inspektionen an mechanischen und elektrischen Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen sowie wiederkehrende 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 sechs Schweissnähte mechanisiert geprüft, an sieben Schweissnähten fanden manuelle Prüfungen statt. Dabei wurden zwei neue bewertungspflichtige Anzeigen gefunden. Die bruchmechanische Bewertung ergab, dass die Anzeigen belassen werden können, jedoch mit verkürztem Prüffintervall wiederkehrend geprüft werden müssen.

Im Rahmen der Auswertung der Temperaturtransienten nach dem unbeabsichtigten Öffnen der Sicherheitsabblaseventile vom 6. März 2007 hatte das KKL entschieden, eine Schweissnaht an einer Rohrleitung des Umwälzsystems mit bereits bekannten bewertungspflichtigen Anzeigen darauf hin zu überprüfen, ob durch die mechanische Beanspruchung eine Veränderung stattfand. Es wurden keine Veränderungen festgestellt.

Die Wiederholungsprüfungen der Rund- und Längsnähte (Zylindernähte) des Reaktordruckbehälters (RDB) waren bereits für das Jahr 2006 geplant worden. Aus verschiedenen Gründen konnten die Prüfungen 2006 nicht vollständig durchgeführt werden. Die noch nicht geprüften Bereiche wurden im Jahr 2007 geprüft. Zwei gefundene Anzeigen waren gemäss ASME-Code im zulässigen Bereich. Auch die dritte detektierte Anzeige konnte nach bruchmechanischer Bewertung

als zulässig eingestuft werden. Die Nachprüfung der aus den Untersuchungen von 2006 bereits bekannten Anzeigen ergab keine Veränderungen der bisherigen Messwerte.

Als Folge des unbeabsichtigten Öffnens der Sicherheitsabblaseventile vom 6. März wurde das diesjährige Programm für die visuellen Prüfungen (IVVI) der Kerneinbauten erweitert. Bei der indirekten visuellen Prüfung wurden ausgewählte Prüfbereiche speziell wegen dieses Vorkommnisses untersucht, insbesondere Speisewasserleitungen und Verteilringe, Kernsprühleitungen, die Kernmantel-Tragplatte, der Dampftrockner und der Wasserabscheider. Weitere Prüfbereiche sind dem Normalprogramm für IVVI zuzuordnen. Die visuelle Prüfung dieser Bereiche mit einer Farbkamera ergab gemäss der Auswertung der Prüffirma keine neuen Befunde, die auf die Transiente zurückgeführt werden müssten.

Die jährliche visuelle Prüfung der RDB-Bodendurchführungen wurde mit einem neuen Kamerasystem vorgenommen, das unterhalb der RDB-Bodenkalotte auf Schienen geführt wird. Es ergaben sich keine Hinweise auf Leckagen im Bereich der Bodendurchführungen.

Sämtliche Schaltfunktionen der pneumatischen Steuerblöcke an allen 16 Sicherheitsventilen des nuklearen Dampferzeugungssystems wurden überprüft und zeigten ein ordnungsgemässes Verhalten.

Die Vakuumbrechklappen in den Ausblaseleitungen der am 6. März 2007 aktivierten Sicherheitsventile wurden einer Dichtheitsprüfung unterzogen. Bei fünf Vakuumbrechklappen waren anschliessend Instandsetzungsmassnahmen erforderlich.

Bei der Prüfung der acht Frischdampfisolationsventile direkt nach dem Abfahren der Anlage wurde bei einem Ventil eine leicht erhöhte Leckrate gemessen. Nach der Revision dieser Armatur lag die gemessene Leckrate deutlich unterhalb der zulässigen Limite. Alle anderen geprüften Isolationsventile erfüllten die spezifizierten Dichtheitsanforderungen.

Nach dem Abfahren der Anlage wurden Dichtheitsprüfungen an den gedämpften Speisewasser-rückschlagventilen in einem Speisewasserstrang durchgeführt. Die drei geprüften Armaturen wiesen Leckraten auf, die weit unter der Limite lagen. Das KKL hat auch die Hubsignale aller Speisewasser-rückschlagventile aufgezeichnet und festgestellt, dass die Gängigkeit aller Rückschlagventile gewährleistet ist.

Im Revisionsstillstand 2007 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:

- Die am Turbogenerator durchgeführten Inspektionen umfassten insbesondere visuelle Kontrollen und diverse Messungen zwecks Rotorwindungsschluss- und Isolationskontrollen.
- Die am Block-Transformator festgestellten Ölleckagen an den Nullpunktdurchführungen wurden durch Abdichtung dieser Durchführungen behoben.
- Weitere Überprüfungen betrafen die Generatorableitungen, die Generatorerregereinrichtung, die Mittelspannungs- und Niederspannungsschaltanlagen, mehrere Batterieanlagen sowie zahlreiche Motoren und Stellantriebe.
- Im Bereich der leittechnischen Einrichtungen wurden die gemäss der Technischen Spezifikationen während des Revisionsstillstands geforderten Kontrollen und Kalibrierungen zur Aufrechterhaltung einer hohen Systemzuverlässigkeit durchgeführt. Beispielsweise wurden die Umwälzregelkennlinien aufgenommen und die Runbackposition beider Umwälzregelventile verifiziert. Weitere Instandhaltungsarbeiten betrafen das Steuerstabsfahr- und Anzeigesystem.
- Die Aufzeichnungen des Regelverhaltens der elektronischen Hotwell-, Abgas- und Stützdampfregelungen wie auch die Überprüfung der Turbinenschutzlogik zeigten ein ordnungsgemässes Verhalten. Dies trifft ebenso für die Regelungen des Turbinen-, Speisewasser- und des Reaktorkernisolations-Kühlsystems (RCIC) zu.
- Im Rahmen des langfristigen Projektes zur Modernisierung der Leitanlagen sind die Schränke der ehemaligen Zeitfolgemeldeanlage ersetzt worden. Vorbereitend wurde die notwendige Hardwareinfrastruktur in die Schränke eingebaut und die Verkabelung auf die Signalverteiler erstellt.

4.3.2 Anlagenänderungen

Im Bereich der Primär- und Sekundäranlage wurden zahlreiche Änderungen durchgeführt, welche die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Anlage erhöhen und in Zukunft teilweise auch den Instandhaltungsaufwand und die damit verbundenen Personendosen reduzieren werden. Bautechnische An-

lagenänderungen wurden im Revisionsstillstand 2007 nicht durchgeführt. Folgende wichtigen Anlagenänderungen sind zu nennen:

- In der Primäranlage wurde die Leitung installiert, über welche Edelmetall und Wasserstoff in den Primärkreis eingespeist werden sollen. Das KKL erwartet einen verbesserten Schutz der Kerneinbauten und der Umwälzschleifen vor Spannungsrisskorrosion. Im Containment wurden die Rohrleitungshalterungen für ein Überwachungssystem installiert.
- Wegen durchgehender Risse am aus Grauguss gefertigten Eintrittsflansch einer Wasserkammer des Abgasnachkühlers wurde dieser durch eine geschweisste Konstruktion aus austenitischem Material ersetzt.

Der Revisionsstillstand wurde auch für die Umsetzung von diversen Anlagenänderungen bei den elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen genutzt. Nachfolgend wird kurz auf einige dieser Arbeiten eingegangen:

- Sowohl bei den Notstrom-Dieselergeneratoren als auch bei den Notstands-Dieselergeneratoren löste bisher das Schliessen des Generatorschalters im Kommandoraum fälschlicherweise den Alarm «Notstromdiesel nicht bereit» aus. Ursache waren Laufzeitdifferenzen verschiedener Signale. Um diese Fehlalarme zu unterdrücken, wurde in der Systemüberwachungslogik eine Zeitverzögerung eingebaut.
- Auf Grund der in den Niederspannungsschaltanlagen festgestellten Zunahme der Störungshäufigkeit wurde mit dem sukzessiven Ersatz von Schützen, Thermorelais, Koppelrelais und Kontaktapparaten begonnen. 2007 erfolgte der Ersatz von qualifizierten Komponenten in der Niederspannungsschaltanlage einer der beiden SEHR-Notstandsdivisionen.
- An den Schaltereinschüben für die SEHR-Grundwasserpumpen war während des letzten Betriebszyklus eine Fremdbelüftung erprobt worden, um deren Kühlung zu verbessern. Im Revisionsstillstand 2007 wurden die Schaltfelder beider SEHR-Divisionen entsprechend modifiziert. Damit erfüllte das KKL die HSK-Forderung einer nachhaltigen Verbesserung der Schalterzuverlässigkeit.
- Mit dem vorgenommenen Ersatz eines 24-V-Ladegerätes in einer Division des Kernsprühsystems leitete KKL den alterungsbedingten, mittelfristigen Ersatz von 1E-klassierten Ladegeräten ein.

4.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im Berichtszeitraum gab es keine Brennelementschäden, sodass die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe gewährleistet war.

Für den 24. Betriebszyklus (2007/2008) wurden 128 neue Brennelemente des Typs SVEA96-Optima2 nachgeladen. Alle nachgeladenen Brennelemente sind mit besonders wirksamen Fremdkörperfiltern ausgestattet. Ein bestrahltes Brennelement wurde wegen einer verbogenen Kastenbefestigung nicht in den Reaktorkern geladen und durch ein reaktivitätsäquivalentes ersetzt. Die HSK hat sich anhand von Protokollen davon überzeugt, dass die neu eingesetzten Brennelemente den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.

Gegen Ende des Berichtszeitraums stieg die Borsäurekonzentration im Reaktorwasser an, was auf Undichtigkeit von Steuerstäben zurückzuführen ist. Deshalb wird der Austausch von Steuerstäben während des Revisionsstillstandes 2008 fortgesetzt. Trotz dieser Undichtigkeiten ist eine ausreichende Abschaltwirksamkeit der Steuerstäbe gewährleistet.

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. Inkorrektheiten bei der Modellierung des Reaktorkerns im Rahmen der Kernüberwachung (nicht korrekte Berücksichtigung des Druckabfalls oberhalb des Reaktorkerns, fehlerhafte Bestimmung der Leistung der teillangen Stäbe von Brennelementen der Typen ATRIUM 10XM und 10XP) wurden durch Sicherheitszuschläge korrigiert. Es kam zu keiner Überschreitung von thermischen Betriebsgrenzwerten.

4.4 Strahlenschutz

Die während des Kalenderjahrs 2007 im KKL akkumulierte Kollektivdosis betrug 612,4 Pers.-mSv. Die höchste im KKL registrierte Individualdosis für das Personal betrug 7,5 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde deutlich unterschritten. Es traten weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mit-

teilen entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf.

Dank der schadenfreien Brennelemente waren die radiologischen Arbeitsbedingungen in der kontrollierten Zone während des Revisionsstillstands gut. Die Konzentration der Iod-Isotope im Reaktorwasser sank nach dem Abfahren der Anlage unter den Wert der Vorjahre. Die Oberflächendosisleistungsmesswerte an den Komponenten des Primärkreislaufs entsprachen ungefähr denjenigen aus dem Vorjahr.

Für die Arbeiten während des Revisionsstillstands wurde eine Kollektivdosis von 403 Pers.-mSv akkumuliert, geplant waren 580 Pers.-mSv. Grund für diese Abweichung waren einerseits zu konservative Annahmen bezüglich Arbeitszeiten in der Planung und ein im Vergleich zu den Vorjahren störungsarmer Revisionsverlauf.

Im Rahmen der von der HSK verlangten Überprüfung des Zonenkonzepts werden sämtliche Verbindungen zwischen potenziell kontaminierten Systemen und kontrollierten Zonen zu inaktiven Systemen oder Bereichen ausserhalb der kontrollierten Zone analysiert. Das KKL hat sich zum Ziel gesetzt, alle derartigen Verbindungen mit mindestens zwei Barrieren auszurüsten. Gefundene Schwachstellen wurden unverzüglich eliminiert. Die Wahrscheinlichkeit einer Kontaminationsverschleppung innerhalb der Anlage oder einer Abgabe radioaktiver Stoffe über einen unerlaubten Pfad wird mit diesen Massnahmen weiter reduziert. Die HSK verfolgt diese Projekte mit Fachgesprächen und Inspektionen.

Stark strahlende Partikel in einer Leitung des Brennelement-Kühl- und -reinigungssystems führten zu

Brennelemente werden ferngesteuert ins Kompaktlager verschoben.

Foto: KKL



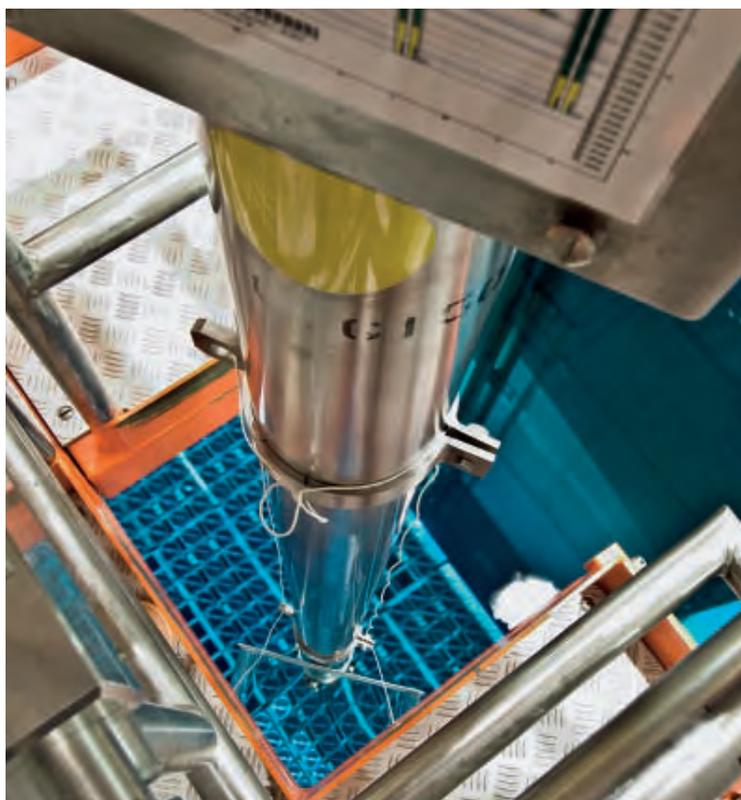
einer hohen Dosisleistung. Die Partikel waren mit grosser Wahrscheinlichkeit bei im Brennelement-Lagerbecken durchgeführten Mess- und Reparaturarbeiten an Brennelementen oder bei Vorarbeiten zur Entsorgung bestrahlter Steuerstäben mobilisiert worden. Bei diesen Vorarbeiten waren kobalthaltige Führungsrollen mechanisch unter Wasser von den Steuerstäben entfernt worden.

Der Personalbestand des Strahlenschutzpersonals war während der Jahreshauptrevision 2007 knapp, da einige für diese Periode angestellte Strahlenschutzfachkräfte (Fremdpersonal) nicht anreisen konnten. Durch geänderte Planung konnten die Aufgaben trotzdem erfüllt werden.

Die HSK hat sich bei mehreren Inspektionen davon überzeugt, dass im KKL ein konsequenter und gesetzeskonformer operationeller 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 4,2 % des Jahresgrenzwertes. Die quartalsweise von der HSK durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben Übereinstimmung mit den vom KKL gemeldeten Analyseergebnissen.

Brennelemente werden ferngesteuert im Kompaktlagergestell abgesetzt.
Foto: KKL



Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet die HSK die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKL unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen 0,0029 mSv für Erwachsene und 0,0050 mSv für Kleinkinder und liegen damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss der HSK-Richtlinie R-11.

Die Dosisleistungs-Messsonden des von der HSK betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes 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 (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals die Dosis messen, zeigten mit einem Jahreshöchstwert von 1,5 mSv keine Veränderung gegenüber dem Vorjahr (Jahreshöchstwert 2006: 1,5 mSv, inkl. natürlicher Untergrundstrahlung). Bei den quartalsweise von der HSK zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKL wurden ebenfalls keine signifikanten Veränderungen festgestellt. Die in Art. 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 KKL wird auf den Strahlenschutzbericht 2007 der HSK verwiesen.

4.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKL regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas- und Fortluftreinigung und in Form von verbrauchten 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. Anhang, Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 21 m³ etwas kleiner als im Vorjahr und bewegt sich in der Schwankungsbreite des mehrjährigen Mittelwertes. Dieser ist im internationalen Vergleich mit anderen Anlagen ähnlichen Typs seit Jahren auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Diese Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Brenn- und schmelzbare Abfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Verbrennungs- und Schmelzanlage der ZWLAG bereitgestellt und dorthin transportiert. Der Bestand an unkonditionierten Abfällen im KKL ist mit 28 m³ sehr gering.

Als Konditionierungsverfahren kommt im KKL ausschliesslich die Zementierung zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und HSK-Richtlinie B05 erforderlichen Typengenehmigungen der HSK vor. Im Berichtsjahr wurden verbrauchte Harze und Konzentrate konditioniert. Hinsichtlich der Abfallgebindetypen erteilte die HSK im Berichtsjahr eine Genehmigung, die die Nachdokumentation eines Gebindes mit zementierten Schlämmen aus der Produktion von 1991 beinhaltet.

Die konditionierten Abfallgebände werden routinemässig in das werkseigene Zwischenlager eingelagert. Das KKL nutzt aber auch die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Im Berichtsjahr wurden 1233 konditionierte Abfallgebände aus dem Abfalllager des KKL mit 37 Transporten dorthin überführt. Die radioaktiven Abfälle sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Im Sinne der Minimierung radioaktiver Abfälle wurden im KKL im Berichtsjahr meldepflichtige Freigaben für 39 t Material gemäss den Vorgaben der HSK-Richtlinie R-13 durchgeführt.

Bei der Bereitstellung für den Transfer von konditionierten Abfallgebänden in das Zentrale Zwischenlager in Würenlingen (ZZL) wurde an einigen Gebänden ein erhöhter Innendruck festgestellt. Diese wurden zurückgestellt, kontrolliert, druckentlastet und einer separaten Innenkontrolle unterzogen. Das Ergebnis einer Gasanalyse durch KKL zeigt einen hohen Methangehalt, was auf einen anaeroben biologischen Abbau von Organika in einigen Gebänden hinweist. Zudem enthalten einige Gebände Aluminium-Bestandteile. Dabei handelt es sich um Gebände mit konditionierten pressbaren Mischabfällen aus der Produktion der Hochdruckverpressungs-Kampagnen im KKL aus den Jahren 1995 und 2001. Seit 2002 werden die Mischabfälle in der Verbrennungs- und Schmelzanlage ZW-

LAG verarbeitet. Dabei werden die Rohabfälle unter Volumenreduktion in eine zwischen- und endlagerfähige Abfallform ohne organische Stoffanteile überführt.

4.6 Notfallbereitschaft

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

Die Inspektion der Bereitschaft der Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen hat gezeigt, dass die KKL-Einrichtungen betriebsbereit sind.

Die HSK hat im Juni 2007 anlässlich der Werksnotfallübung NEPTUN die KKL-Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Das Szenario ging von einem Sabotageakt aus. Dadurch fielen die Nebenkühlwasserpumpen und als Folge davon das Hauptkondensat- und das Speisewassersystem aus. Die Anlage reagierte mit einer automatischen Reaktorabschaltung, bei der Sicherheits-Abblaseventile öffneten. Eines davon konnte nicht wieder geschlossen werden. Mit entsprechenden Massnahmen wurde die Nachwärmeabfuhr sichergestellt und die Aktivitätsfreisetzung beendet.

Die HSK kam auf Grund ihrer Übungsbeobachtungen zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der HSK-Richtlinie B-11 erreicht wurden. Anlässlich der Gesamtnotfallübung LEDA II im KKG erfolgte auch ein Aufgebot der KKL-Notfallorganisation ohne Vorankündigung. Dabei wurde die rasche Einsatzbereitschaft des KKL-Notfallstabes bestätigt.

4.7 Personal und Organisation

4.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKL keine grösseren organisatorischen Änderungen durchgeführt. Ende 2007 beschäftigte das KKL 448 Personen (2006: 435).

Im Berichtsjahr hat das KKL das Leitbild zur Sicherheitskultur überarbeitet und ein 10-Jahres-Programm zur Förderung der Sicherheitskultur entwickelt.

Das KKL hat sein Qualitätsmanagementsystem in ein «Total Quality Management»-System umgebaut. Das System ist auf dem KKL-Intranet für

alle Mitarbeitenden verfügbar. Das System basiert auf den Standards ISO-9001 (Qualität), ISO-14001 (Umwelt) und OHSAS-18000 (Arbeitssicherheit und Gesundheit) und den mittlerweile ersetzten IAEA-Anforderungen Safety Series 50-C/SG-Q «Quality Assurance». Mit dieser Basis sind auch die neuen Anforderungen der IAEA, die Safety Standards GS-R-3 «Management Systems for Facilities and Activities» erfüllt. Im Berichtsjahr hat die SQS dem KKL nach einem mehrtägigen Audit die Zertifikate gemäss den Normen ISO-9001 und OHSAS-18000 bestätigt.

Seit einigen Jahren erfolgt im KKL eine schrittweise Umstellung von der klassischen Erstellung von Dokumenten auf Papier zu einer elektronischen Bearbeitung. Dokumente werden elektronisch erstellt und weitergeleitet. Prüfung und Genehmigung werden auf den Dokumenten elektronisch bestätigt. Für die HSK ist von besonderem Interesse, dass Dokumente, welche eine Bedeutung für den sicheren Betrieb haben, nicht versehentlich verändert werden können und die Authentizität der elektronischen Unterschriften garantiert ist. Sie verfolgt aus dieser Sicht das Projekt im KKL und vergleichbare Projekte in den andern schweizerischen Kernanlagen.

4.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestand ein Reaktoroperateur-Anwärter des KKL unter Aufsicht der HSK die Prüfung über die kerntechnischen Grundlagen an der PSI-Technikerschule. Dies ist eine Voraussetzung für die spätere Zulassungsprüfung als Reaktoroperateur. Im KKL erfolgten im Jahre 2007 keine Zulassungsprüfungen. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das Ausbildungsprogramm Abteilung Betrieb wird durch die HSK jedes Jahr inspiziert. Es besteht in der Regel aus der Erstausbildung zur Vorbereitung von Kandidaten zur behördlichen Zulassungsprüfung und aus Kursen für angehende Anlagenoperateure als Vorbereitung für das selbstständige Ausführen von Überwachungen und Schalthandlungen in der Anlage. Bei der Wiederholungsschulung lag das Hauptinteresse der HSK auf der Umsetzung der Anforderungen der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK), der Erhaltung eines hohen Ausbildungsstandes des Personals und der Förderung eines ausgeprägten Sicherheitsbewusstseins.

In Wiederholungskursen wurde für Anlagenoperateure auf den Erhalt der Systemkenntnisse Ge-

wicht gelegt, auf die Kenntnis von Anlagenänderungen und deren Auswirkungen auf die Sicherheit sowie auf die Schulung für schwierige Handlungen und Überwachungen bei Normalbetrieb und Störfällen. Praktische Übungen förderten die Fertigkeiten im Brandschutz und in der Brennelement-Handhabung.

Die einzelnen Schichtteams erhielten Ausbildungsaufträge, die sie selbsttätig intern so abwickelten, dass alle Schichtmitglieder einbezogen wurden. Da gemäss VAPK die Karriere des Schichtpersonals vom Anlagenoperateur bis zum Pickettingenieur jeweils auf der darunter liegenden Stufe aufbaut, kann die Erfahrung der höheren Stufen erfolgreich in der Ausbildung genutzt werden.

Für die Wiederholungsschulung des zulassungspflichtigen Personals stand die Ausbildung am Anlagesimulator bzw. deren Requalifikation im Vordergrund. Dabei wurden sowohl theoretische Kenntnisse als auch praktische Vorgehensweisen zur Anwendung der Fahrvorschriften und der Stör- und Notfallanweisungen vermittelt. Die Vertiefung der Fähigkeiten zur Anwendung des neuen, bildschirmgestützten Anlageninformationssystems ANIS+ bildete einen Schwerpunkt des Weiterbildungsprogramms. Die so genannten Kommandoraumstandards (Verhaltens- und Kommunikationsregeln im Kommandoraum) wurden überarbeitet. Die Einhaltung dieser Standards wird besonders beim Simulatortraining geschult und bei der Requalifikation des zulassungspflichtigen Personals bewertet. Die von externen Ausbildern durchgeführten Kurse zum sicherheitsgerichteten Führen für Schichtchefs, die Kurse in Stabsarbeit und in der betrieblichen Entscheidungsfindung für Pickettingenieure dienten weiter der Förderung des Sicherheitsbewusstseins. Die HSK stellte fest, dass der Inhalt und die Umsetzung des Ausbildungsprogramms 2007 die Anforderungen der VAPK erfüllt.

4.8 Sicherheitsbewertung

Für das Verständnis der Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung sind die Erläuterungen im Anhang wichtig.

Im Jahr 2007 beurteilte die HSK hinsichtlich des Kernkraftwerks Leibstadt etwa 140 Inspektionsgegenstände und Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Bei der Beurteilung der Bedeutung der einzelnen Punkte kam die HSK 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
Sicherheitssebenen	Ebene 1		A	A	A
	Ebene 2		A	N	V
	Ebene 3		N	1	A
	Ebene 4	N	N	1	A
	Ebene 5	N	N	N	N
	mit Bedeutung für alle Ebenen	V	V	N	V
Barrieren	Integrität der Brennelemente			N	
	Integrität des Primärkreises	N	V	1	A
	Integrität des Containments	N		V	N

Sicherheitsbewertung 2007 KKL:
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass sich keine Inspektionsergebnisse auf die entsprechende Zelle beziehen und keine Vorkommnisse eine Bedeutung für diese Zelle hatten. Die HSK verfolgt aber im Rahmen ihrer gesamten Aufsichtstätigkeit den Zustand aller Zellen der Sicherheitsbewertungsmatrix. 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. Derselbe Sachverhalt ist in der Regel sowohl für Sicherheitsebenen, als auch für Schutzziele von Bedeutung, zum Teil auch für die Integrität von Barrieren. Deshalb erscheinen dieselben Sachverhalte im Folgenden an mehreren Stellen.

Ebene 1, Betriebsvorgaben

- Im Kernüberwachungssystem wurden zwei Modellfehler identifiziert, welche zu einer Reduktion des Abstands von den thermischen Limiten führten, ohne dass diese überschritten wurden.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage

- Nach der fehlerhaften Auslösung des automatischen Druckabbau-Systems kam es zum Ausfall einer Redundanz des nuklearen Zwischenkühlwassersystems.
- An Schweißnähten der Umwälzleitung traten Befunde auf, die eine verstärkte Überwachung erfordern.
- Während des Brennelementwechsels im Revisionsstillstand wurde eine Befestigung an einem Brennelement-Kasten beschädigt.

- Stark strahlende Partikel in einer Leitung des Brennelement-Kühl- und -reinigungssystems führte zu einer hohen Dosisleistung.

Ebene 1, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Während eines Systemfunktionstests wurde ein Steuerstab unbeabsichtigt um einige Schritte ausgefahren.

Ebene 2, Betriebsvorgaben

- Im Kernüberwachungssystem wurden, wie oben erwähnt, zwei Modellfehler identifiziert.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage

- fehlerhafte Auslösung des automatischen Druckabbau-Systems (ADS)

Von Bedeutung sind auch die nachfolgend genannten mit A (Abweichung) bewerteten Sachverhalte.

- Am 1. März 2007 startete bei einem Systemfunktionstest ein Notstromdiesel nicht.
- Am 9. Mai 2007 fielen beim Test eines Notstromdiesels Anzeigeinstrumente aus.

- Während des Revisionsstillstands kam es bei Absicherungsarbeiten für den Ausbau zweier Sicherheitsventile zu einem Wasseraustritt aus der Druckabbaukammer in Räume des SEHR-Systems.

- Wie bereits bei Ebene 1 erwähnt, fiel nach der fehlerhaften Auslösung des automatischen Druckabbau-Systems eine Redundanz des nuklearen Zwischenkühlwassersystems aus.

Ebene 3, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Vor der Durchführung von Instandhaltungsarbeiten in einer Redundanz des Notstandssystems war ein Arbeitsschritt falsch ausgeführt worden, was zur fehlerhaften Auslösung der Druckabbaufunktion führte.

- Die falsche Durchführung von Absicherungsarbeiten für den Ausbau zweier Sicherheitsventile verursachte einen Wasseraustritt aus der Druckabbaukammer in Räume des SEHR-Systems.

Ebene 4, Zustand und Verhalten der Anlage

- Die fehlerhafte Auslösung des automatischen Druckabbau-Systems ist auch für diese Sicherheitsebene von Bedeutung.

Ebene 4, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation

- Der bereits genannte Fehler bei der Vorbereitung von Instandhaltungsarbeiten in einer Redundanz des Notstandssystems tangiert auch die Sicherheitsebene 4.

Integrität des Primärkreises, Zustand und Verhalten der Anlage

- Die fehlerhafte Auslösung des automatischen

Druckabbau-Systems führte zu einem Öffnen des Primärkreises.

- Von Bedeutung sind auch die mit A (Abweichung) bewerteten Befunde an Schweissnähten der Umwälzleitung und am zylindrischen Teil des Reaktordruckbehälters.

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:

Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ziele				
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität	A	V	A
	Kühlung der Brennelemente	A	A	A
	Einschluss radioaktiver Stoffe	V	1	A
	Begrenzung der Strahlenexposition		A	V
	mit Bedeutung für alle Schutzziele	V	V	A

Sicherheitsbewertung 2007 KKL:

Schutzziel-Perspektive

Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

Für das Kernkraftwerk Leibstadt wird die Gesamtbeurteilung der **Anlage** im Jahr 2007 dominiert durch die fehlerhafte Auslösung des automatischen Druckabbau-Systems. Die HSK forderte auf Grund der dadurch verursachten Transiente eine umfassende Überprüfung der mechanischen Belastungen und deren Auswirkungen. Es ergaben sich keine Hinweise, dass die Integrität des Primärkreislaufs durch die Transiente gefährdet worden wäre. Von Bedeutung sind auch die im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) sichtbar

gewordenen Schwachstellen im Bereich der Blitzschutzmassnahmen, zu denen die HSK bereits eine Reihe von Forderungen gestellt hat und die in der sicherheitstechnischen Stellungnahme zur PSÜ umfassend behandelt werden.

Die Gesamtbeurteilung von **Mensch und Organisation** zeigt eine Reihe von Schwachstellen, die sich auf das Verhalten der Anlage ausgewirkt haben. Diese betreffen namentlich die Instandhaltungsplanung, aber auch die Umsetzung von Vorgaben. Die HSK wird im Rahmen ihrer Inspektions-tätigkeit einen Schwerpunkt auf die Überprüfung einer korrekten Instandhaltungsplanung und deren Umsetzung legen.

Das Risiko des KKL ist sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwertes. Diese Beurteilung basiert auf der aktuellen PSA des KKL, in welcher erste Erkenntnisse aus dem Projekt PEGASOS (siehe Kap. 9.1) umgesetzt sind.

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. Die HSK bestätigt, dass diese Exposition im Sinne der Strahlenschutzverordnung gerechtfertigt, optimiert und innerhalb der vorgegebenen Grenzen ist.

Die HSK stellt fest, dass im KKL während des Jahres 2007 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Sie attestiert dem KKL eine ausreichende Betriebssicherheit.



Vorbereitungsarbeiten
für das Umladen
von verbrauchten
Brennelementen aus dem
Kernkraftwerk Mühleberg
Foto: ZWILAG

5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen

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

5.1 Zwischenlagergebäude

Die Zwischenlagergebäude des ZZL dienen der Lagerung von abgebrannten Brennelementen und von radioaktiven Abfällen aller Kategorien über mehrere Jahrzehnte hinweg. Sie umfassen die Behälterlagerhalle für abgebrannte Brennelemente und verglaste hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (Glaskokillen), das Lagergebäude für mittelaktive Abfälle und die Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle. Zum Zwischenlagerteil gehören auch das Empfangsgebäude und die so genannte heisse Zelle. Der Einlagerungsbetrieb wurde 2001 aufgenommen.

Ende 2006 befanden sich 25 Transport- und Lagerbehälter (TL-Behälter) in der Behälterlagerhalle. Im Berichtsjahr wurden drei weitere TL-Behälter

eingelagert. Die HSK hat die entsprechenden Einlagerungsanträge geprüft und während der Einlagerungsarbeiten mehrere Inspektionen durchgeführt. Dabei stellte die HSK fest, dass die Arbeiten vorschriftsgemäss ausgeführt wurden. Der Lagerbestand betrug per Ende 2007 somit 28 TL-Behälter:

- 4 Behälter des Typs CASTOR HAW 20/28 CG mit je 28 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von KKB-Brennelementen bei COGEMA
- 1 Behälter des Typs CASTOR HAW 20/28 CG und 3 Behälter des Typs TN81CH mit je 28 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von KKG-Brennelementen bei COGEMA
- 1 Behälter des Typs TN52L mit 52 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb des KKL
- 9 Behälter des Typs TN97L mit je 97 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb des KKL
- 4 Behälter des Typs TN24G mit je 37 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb des KKG
- 4 Behälter des Typs TN24BH mit je 69 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb des KKM

- 1 Behälter des Typs TN24BH-L mit 69 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb des KKL
- 1 Behälter des Typs CASTOR Ic DIORIT mit den abgebrannten Brennelementen aus dem stillgelegten Forschungsreaktor DIORIT des PSI

Neben den erwähnten Transport- und Lagerbehältern mit abgebrannten Brennelementen und Glas- und Metallkisten befinden sich in der Behälterlagerhalle seit September 2003 auch die sechs Grossbehälter mit Stilllegungsabfällen aus dem ehemaligen Versuchatomkraftwerk Lucens.

Im Berichtsjahr wurde der Nachweis erbracht, dass die maximal zulässige Betontemperatur der Bodenplatte im HAA-Lager auf denselben Wert wie im Lager ZWIBEZ, nämlich 150 °C, angehoben werden kann. Damit können bisherige Nutzungsbeschränkungen entfallen.

Per Ende 2006 befanden sich insgesamt 2369 Abfallgebände im Lagergebäude für mittelaktive Abfälle (MAA-Lager). Wie im Vorjahr wurden bereits konditionierte Abfallgebände aus den Abfalllagern der Werke zum ZWILAG transportiert und im MAA-Lager eingelagert. Die meisten Anlieferungen im Berichtsjahr stammen aus dem KKM

und KKL. Aus dem KKG wurden die dort im Rahmen der COSKO-Kampagne erzeugten 5 MOSAIK-Behälter zum ZWILAG transportiert. Die HSK hat sich anlässlich einer Inspektion von der fehlerfreien Durchführung der für diesen Gebindetyp angepassten Handhabungsvorgänge überzeugt. Auch die während der beiden erfolgreichen Verbrennungskampagnen in der Verbrennungs- und Schmelzanlage erzeugten Abfallgebände wurden hier eingelagert. Im MAA-Lager befanden sich Ende 2007 über 3800 Gebinde.

Die ZWILAG will die Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle zunächst während mehrerer Jahre als konventionelles Lager für nichtradioaktive Ausrüstungen und Materialien nutzen. Der Ausbau ist deshalb wie in früheren Jahren auf die für diese Nutzung erforderlichen Einrichtungen beschränkt. In diesem Lager werden ca. 2000 leere, vom PSI nicht mehr gebrauchte und im Rahmen einer Vereinbarung von der ZWILAG übernommene Fässer aufbewahrt. Sie werden in den nächsten Jahren mit schwachaktiven Rohabfällen gefüllt und für die Beschickung der Verbrennungs- und Schmelzanlage verwendet.

In der Plasma-Anlage werden leicht radioaktive Abfälle mit einem Hochleistungsplasmabrenner bei einigen tausend Grad Celsius thermisch zersetzt oder aufgeschmolzen.
Foto: ZWILAG



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 wurde die Konditionierungsanlage wie folgt genutzt:

- Das Hochregallager der Konditionierungsanlage wurde als Eingangslager für Rohabfälle benutzt, die zu einem späteren Zeitpunkt ins Hochregallager der Verbrennungs- und Schmelzanlage transferiert und von dort der Verbrennung zugeführt werden.
- Sekundärabfälle aus dem Betrieb der Lager sowie der Konditionierungsanlage und der Verbrennungs- und Schmelzanlage wurden im Hinblick auf eine spätere Endkonditionierung verarbeitet und verpackt.
- Ebenso werden hier ausgebaute Anlagenteile aus allen Bereichen des ZZL dekontaminiert und der Reparatur oder der Entsorgung zugeführt.

5.3 Verbrennungs- und Schmelzanlage

Der Bau der Verbrennungs- und Schmelzanlage des ZZL wurde vom Bundesrat am 21. August 1996 und deren Betrieb am 6. März 2000 bewilligt. Die Anlage ist auf das Verbrennen und Schmelzen von schwachaktiven Abfällen aus dem Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke sowie aus Medizin, Industrie und Forschung ausgelegt. Die Rohabfälle werden dabei unter Volumenreduktion in eine zwischen- und endlagerfähige Abfallform ohne organische Stoffanteile überführt.

Im Berichtszeitraum wurden wiederum eine Frühjahrs- und eine Herbstkampagne durchgeführt. Die ausgetauschte Ausmauerung des Drehherddeckels bewährte sich nach kleinen Anpassungsarbeiten. Dieser Austausch war notwendig, nachdem Schäden in der früheren Ausmauerung zum Abbruch der Verbrennungskampagne im Herbst 2006 geführt hatten. Die Konditionierung verlief nun planmässig, was sich in der erfolgreichen Verarbeitung von ca. 1000 Abfallfässern zu ca. 200 konditionierten Gebinden ausdrückt. Dies entspricht etwa dem Anfall aus drei Betriebsjahren aller schweizerischen Kernanlagen. Das verarbeitete Abfallvolumen konnte somit gegenüber dem Vorjahr mehr als verdoppelt werden. Erneut wur-

de kontaminiertes Öl verbrannt und damit rückstandsfrei konditioniert.

Bevor die HSK die Freigabe zum Dauerbetrieb erteilen kann, sind noch einige wenige Auflagen zu erledigen. Der aktualisierte Sicherheitsbericht (FSAR) liegt inzwischen vollständig vor. Er wird zurzeit von der HSK geprüft. Weitere noch offene Punkte sind die Bewertung der Messergebnisse an den entnommenen Produktproben, die aktive Demonstration von Betriebskampagnen mit reinen Schmelzabfällen und die Darlegung des möglichen Optimierungspotenzials (z. B. Fahrweise, chemische Zusammensetzung von Rohabfall und inaktiver Glasvorlage, Revision der Annahmebedingungen).

5.4 Strahlenschutz

In der aktuellen Berichtsperiode wurde im ZZL eine Kollektivdosis von 22,6 Pers.-mSv akkumuliert. Die höchste registrierte Einzeldosis betrug 4,5 mSv. Im Kalenderjahr 2007 wurden weder Personenkontaminationen, die nicht mit herkömmlichen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen festgestellt. Die radiologische Sauberkeit der Oberflächen und der Atemluft in den kontrollierten Zonen des ZZL wird durch die regelmässigen Messungen vom Strahlenschutzpersonal bestätigt. Es gab keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Zu Beginn des Berichtsjahres wurden dosisintensive Arbeiten mit dem Ersatz der Ausmauerung des Drehherdbodens in der Verbrennungs- und Schmelzanlage durchgeführt. Weitere für den Strahlenschutz relevante Arbeiten waren u.a. die radiologische Überwachung der beiden Verbrennungskampagnen, die Anlieferung und Einlagerung von Behältern mit abgebrannten Brennelementen und Beton-Containern mit radioaktiven Abfällen sowie die Umladeaktionen von Brennelementen aus dem KKM in der Heissen Zelle. Sämtliche Tätigkeiten wurden unter Einhaltung der gesetzlichen und internen Strahlenschutzvorgaben durchgeführt.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und das Abwasser des ZZL lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die auf Grund der Abgaben unter ungünstigen Annahmen berechnete Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des ZZL lag bei 1 Mikro-Sv/Jahr und war somit unbedeutend.

Das ZZL 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 ZZL zeigten keine dem Betrieb des PSI oder des ZZL 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 Standortes PSI/ZZL wird auf den Strahlenschutzbericht 2007 der HSK verwiesen.

5.5 Notfallbereitschaft ZWILAG

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

Die HSK hat im Juni 2007 an der Werksnotfallübung NEBULA die Notfallorganisation der ZWI-

LAG beobachtet und beurteilt. Gemäss Störfallzenario ging es um einen Brand eines zum Entladen angedockten Transportcontainers. Massnahmen zur Verletztenbergung, Beurteilung der radiologischen Situation und Brandbekämpfung wurden durch den Notfallstab veranlasst. Die HSK kam auf Grund ihrer Übungsbeobachtungen zum Schluss, dass die Übungsziele erreicht wurden.

Im Dezember 2007 löste die HSK im ZWILAG ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des ZWILAG-Notfallstabes bestätigt wurde.

5.6 Personal und Organisation

Der Personalbestand beläuft sich Ende 2007 auf 44 Vollzeitstellen. Um die Verbrennungskampagnen und die Tätigkeiten zur Einlagerung von Abfällen zu entkoppeln, hat der Verwaltungsrat der ZWILAG 2006 beschlossen, den Personalbestand bis Ende 2010 von bisher 31 auf 58 Stellen zu erhöhen, um die Abhängigkeit von Fremdpersonal zu reduzieren und Parallelarbeiten in mehreren Betriebsteilen durchführen zu können. Die sorgfältig vorbereitete Einarbeitung von neuen Mitarbeitern hat massgeblich dazu beigetragen, das gute Betriebsergebnis unter Einhaltung aller Sicherheitsvorschriften und ohne Vorkommnisse zu erreichen. Insbesondere beim 24-Stunden-Schichtbetrieb der Verbrennungs- und Schmelz-



Blick in die Lagerhalle für verglaste, hoch radioaktive Abfälle und für verbrauchte Brennelemente, die in bis zu 135 Tonnen schweren Stahlbehältern sicher eingeschlossen zwischenlagert werden
Foto: ZWILAG

anlage können nun parallel auch noch andere Arbeiten durchgeführt werden. Bei keiner der durchgeführten Inspektionen wurden Befunde im Bereich Personal und Organisation festgestellt. Die Organisation der Arbeiten, die Betriebsführung und die Dokumentation sind in einem einwandfreien Zustand.

Das Managementsystem der ZWILAG ist entsprechend der Norm ISO-9001:2000 zertifiziert.

5.7 Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen

In La Hague (Frankreich) und in Sellafield (Grossbritannien) werden abgebrannte Brennelemente aus schweizerischen Kernkraftwerken durch die Firmen COGEMA und SL (Sellafield Ltd.; ehemals BNFL/BNGS) im Rahmen der abgeschlossenen Verträge wiederaufgearbeitet. Die dabei entstehenden Abfälle müssen gemäss den Verträgen in die Schweiz zurückgeführt werden. Verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung bei COGEMA stehen für die Rückführung bereit, andere Abfallarten, auch von SL, folgen demnächst. Experten der HSK begleiten stichprobenweise die Auslagerung und die Kontrolle der zurückzunehmenden Abfälle sowie die Beladung der Behälter.

Die erste Rückführung von Glaskokillen von COGEMA fand 2001 statt. Bis Ende 2006 erfolgten insgesamt acht Transporte von La Hague zur ZWILAG. Mit den bisherigen Transporten hat die Schweiz ca. 50 % ihrer Verpflichtung gegenüber COGEMA für den hochaktiven Abfallstrom erfüllt. Weitere Transporte werden erst ab 2013 stattfinden, wenn die ersten Exemplare der modifizierten Transport- und Lagerbehälterbaureihen verfügbar sein werden.

Ab 2009 beginnt die Rücklieferung von mittelaktiven verpressten Abfällen der COGEMA. Die HSK hat die von der ZWILAG eingereichten Unterlagen zur Zwischenlagerung dieser Abfälle überprüft und sich überzeugt, dass die entsprechende Voraussetzung aus dem Vorabklärungsbescheid er-

füllt ist. Die Beherrschung der unterstellten Störfälle im Lager wurde nachgewiesen.

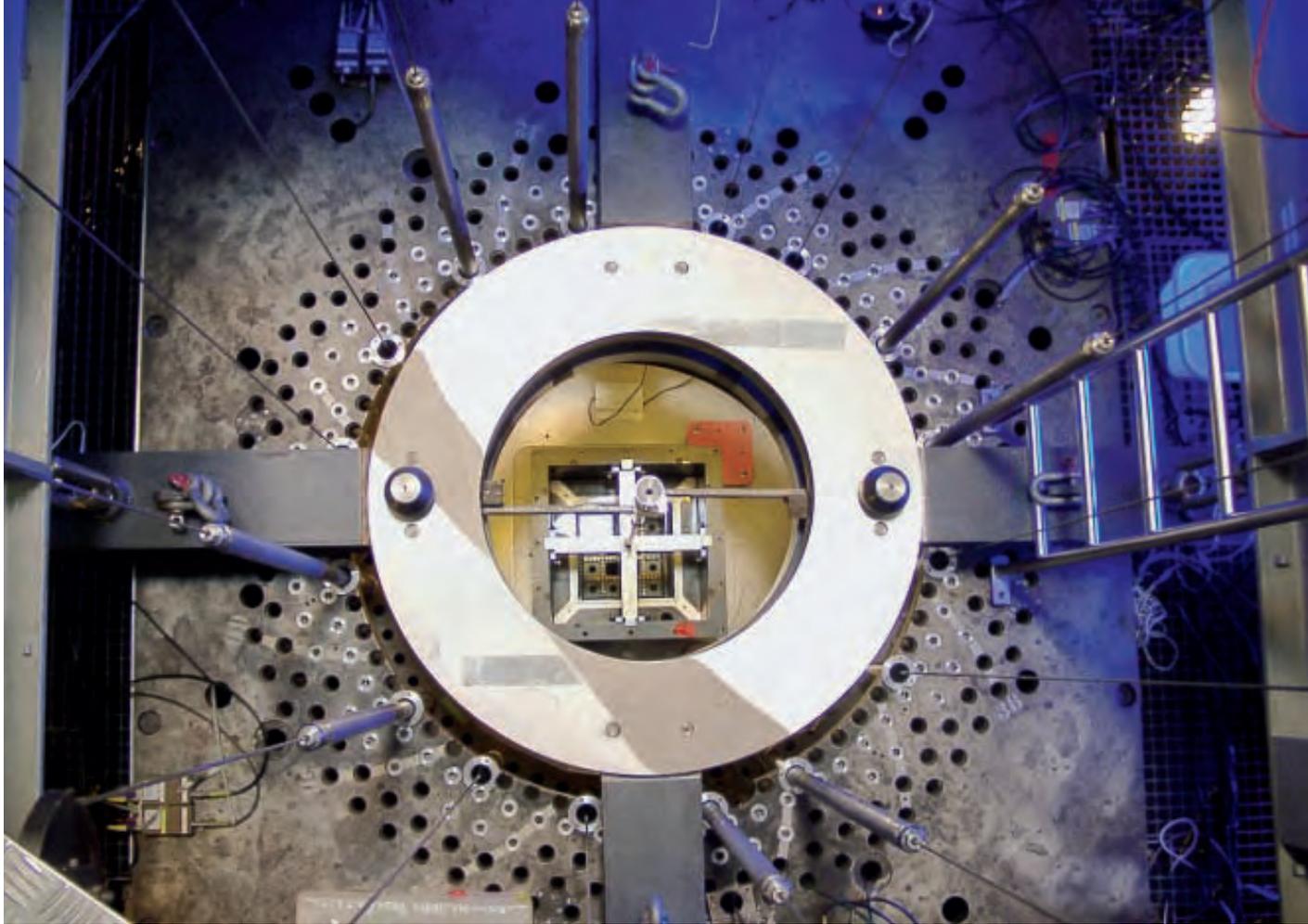
Für die Rückführung der Abfälle von Sellafield machen die schweizerischen Kernkraftwerksbetreiber von der Möglichkeit der Substitution Gebrauch: An Stelle der schwach- und mittelaktiven Abfälle wird eine toxisch gleichwertige, aber volumenmässig viel kleinere Menge an verglasten, hochaktiven Abfällen in die Schweiz zurückgeführt und so die Anzahl der Transporte stark reduziert. Die technischen Aspekte und die korrekte Anwendung des Äquivalenzprinzips, das dem Abtausch zugrunde liegt, wurde von der HSK geprüft und bestätigt. Erste Rücktransporte der Glaskokillen von SL (Sellafield Ltd.) sind frühestens ab 2011 zu erwarten.

5.8 Gesamtbeurteilung

In die Behälterlagerhalle werden Transport- und Lagerbehälter routinemässig eingelagert. Der Zustand dieses Lagers und des ebenfalls in Betrieb stehenden Lagergebäudes für mittelaktive Abfälle sowie des zugehörigen Empfangsgebäudes und der heissen Zelle ist bezüglich nukleare Sicherheit und Strahlenschutz gut. Die Betriebsführung erfolgt vorschriftsgemäss.

Die Arbeiten in der Konditionierungs- sowie in der Verbrennungs- und Schmelzanlage wurden vorschriftsgemäss durchgeführt. Hier wurden im Berichtsjahr mehr als doppelt so viele Abfälle verbrannt als im Vorjahr. Der Betrieb beider Verarbeitungskampagnen erfolgte routiniert und ohne Störungen.

Die HSK beurteilt die Erfüllung der Strahlenschutzaufgaben als gut. Die erforderliche Notfallbereitschaft ist gegeben. Die HSK anerkennt die positive Entwicklung nach dem Entscheid der ZWILAG, den Personalbestand deutlich zu erhöhen; die Arbeitsmöglichkeiten der ZWILAG-Anlagen können so besser genutzt werden. Das Managementsystem ist etabliert und die notwendigen Personalausbildungen finden statt.



Kernkonfiguration des PROTEUS-Reaktors mit gitterförmiger Anordnung von Brennstäben im Zentraltank und zentralem Führungsrohr für Proben
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 sowie Biowissenschaften. 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 die HSK beaufsichtigt.

6.2 Forschungsreaktor PROTEUS

Der Forschungsreaktor PROTEUS dient seit 1968 der Reaktorphysik-Forschung. Mit der im Jahr

2005 freigegebenen Kernkonfiguration III-4 werden reaktorphysikalische Untersuchungen für den «High Performance Light Water Reactor» (HPLWR) ermöglicht. Im Rahmen des «Generation IV International Forum» wird der HPLWR als eines der möglichen zukünftigen Reaktorkonzepte in Betracht gezogen. Zu Beginn des Berichtsjahrs wurde ein Experiment freigegeben, bei dem ein abgebranntes Brennstabsegment in den Reaktor eingefahren wurde, um Leistungs- und Neutronen-Reaktionsraten-Verteilungen und Reaktivitäts-Effekte zu messen. Ende des Berichtsjahrs wurde ein Experiment freigegeben, bei dem gleichzeitig mehrere abgebrannte Brennstabsegmente in den Reaktor eingefahren werden sollen.

Anlässlich der Jahresinspektion kontrollierte die HSK die Routineüberprüfungen zum Reaktorschutz. Die Tests verliefen nach Vorschrift, und die Dokumentation im Reaktorjournal entsprach den Erwartungen.

Der Reaktor wurde im Jahr 2007 während 30 Stunden betrieben (2006: 25 h; 2005: 70 h) und

erbrachte dabei eine integrierte Leistung von 1,5 kWh.

Die Kollektivdosis des Betriebspersonals (9 Personen) betrug 1,3 Pers.-mSv (2006: 9 Personen 1,2 Pers.-mSv; 2005: 9 Personen 1,4 Pers.-mSv).

Im Frühjahr 2007 hat das PSI beim Bundesamt für Energie (BFE) ein Gesuch für die Erteilung einer Bau- und Betriebsbewilligung für die Erneuerung und Erweiterung der Kernanlage PROTEUS eingereicht. Ziel ist die Nachführung der Kernanlage an den Stand der Technik und die Durchführung von Experimenten mit abgebrannten Brennelementen aus Kernkraftwerken. Die HSK hat die eingereichten Unterlagen einer Grobprüfung unterzogen und weitere Unterlagen verlangt.

6.3 Rückbau des Forschungsreaktors SAPHIR

Die 2002 begonnenen Rückbauarbeiten am Reaktor SAPHIR wurden fortgesetzt. Schwerpunkt der Arbeiten im Berichtsjahr war der Rückbau der restlichen Struktur der Beckenwände aus Barytton, die als biologische Abschirmung diente. Der überwiegende Teil des angefallenen Abbruchmaterials (164 t Beton und Schneidschlamm) wurde vom PSI gemäss den Vorgaben der Richtlinie HSK-

Die Dekontamination eines Fussbodens ist Teil der praktischen Ausbildung von Strahlenschutzpersonal an der Strahlenschutzschule des PSI. Durch die Anwendung ähnlicher Schutzmittel wie in den Kernkraftwerken kann hier vor dem Einsatz in kontrollierten Zonen reichlich Erfahrung gesammelt werden.

Foto: PSI



R-13 freigemessen und konventionell entsorgt. Die HSK überprüfte einige dieser Freimessungen im Rahmen von Inspektionen. Aktiviertes Material (91,5 t Beton und Stahlplatten) wurde zur Konditionierung oder Abklinglagerung in die Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle transferiert. Am Ende des Berichtsjahrs waren ca. 95 % der ursprünglich 450 t schweren Reaktorbeckenabschirmung aus dem SAPHIR-Gebäude entfernt. Die Kollektivdosis für diesen Rückbau-Teilschritt, an dem 4 Personen beteiligt waren, betrug 1,28 Pers.-mSv. Die Überwachung der Umwelt, insbesondere die Grundwasserüberwachung, funktionierte störungsfrei. Es gab keinerlei Anzeichen von Radioaktivität oberhalb des natürlichen Untergrunds.

Das PSI analysierte im Berichtsjahr mehrere Varianten für die Entsorgung der Kernbrennstoffe, die im Kernbrennstofflager des SAPHIR gelagert sind. Die rechtlichen und sicherungstechnischen Belange wurden zwischen dem PSI, der ZWILAG, der HSK und dem BFE erörtert.

6.4 Rückbau des Forschungsreaktors DIORIT

Im Berichtsjahr wurde der äussere Stahlmantel des DIORIT bis auf die Höhe des Betonsockels der biologischen Abschirmung demontiert. Beim Abbruch der biologischen Abschirmung und der Verarbeitung gelagerter Robabfälle sind 195 t Material angefallen, hauptsächlich Bauschutt und Altmetall. Davon wurden 85% gemäss Richtlinie HSK-R-13 freigemessen und konventionell entsorgt. Die bei den Abbruch- und Konditionierungsarbeiten im DIORIT eingesetzten 8 Personen erhielten eine Kollektivdosis von 6,0 Pers.-mSv.

Bei den Konditionierungsarbeiten wurden radioaktive Abfallgebinde an einer Trennwand zwischen der kontrollierten Zone der Reaktorhalle und einem konventionellen Labor aufbewahrt, was zu einer Überschreitung einer betriebsinternen Ortsdosisjahreslimite führte.

6.5 Hotlabor

Das Hotlabor ist das einzige Laborgebäude in der Schweiz, in dem hochradioaktive Substanzen gehandhabt werden dürfen. Hauptsächlich werden in Reaktoren oder Beschleunigern bestrahlte Werkstoffe und Kernbrennstoffe mit unterschied-

lichen Methoden makro- und mikroskopisch untersucht.

Die Kollektivdosis des im Hotlabor beschäftigten Eigenpersonals (insgesamt 54 Personen) betrug 11,1 Pers.-mSv.

Die HSK hat sich bei mehreren Inspektionen im Hotlabor über Strahlenmesstechnik, Betriebsstörungen sowie den Empfang radioaktiver Stoffe informiert. Diese Inspektionen zeigten Verbesserungsbedarf bei den innerbetrieblichen Vorgaben zur Störungsbearbeitung sowie bei der Überprüfung von Strahlungsmessgeräten.

Im Januar 2007 reichte das PSI einen überarbeiteten Sicherheitsbericht für das Hotlabor ein.

6.6 Behandlung radioaktiver Abfälle

Im PSI fallen radioaktive Rohabfälle aus den Anwendungen radioaktiver Isotope in Forschungsprojekten, insbesondere bei Brennstoffuntersuchungen, aus den Beschleunigeranlagen, aus dem Rückbau der beiden Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT sowie aus dem Betrieb der nuklearen Infrastruktur (z.B. LüftungsfILTER) an.

Das PSI ist ferner die schweizerische Sammelstelle für radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung sowie aus dem militärischen Bereich (MIF-Abfälle). Im Berichtsjahr fielen 95,4 m³ eigene Rohabfälle und 4,1 m³ MIF-Abfälle an. Diese Abfälle sind sowohl chemisch als auch physikalisch sehr unterschiedlich, sodass vor ihrer Endkonditionierung oft Vorbehandlungen notwendig sind. Zudem ergeben sich auch unterschiedliche Konditionierungs- und Verpackungskonzepte, was ein im Vergleich zur Behandlung von Abfällen aus den Kernkraftwerken umfangreicheres und häufig änderndes Spektrum an Abfallgebindetypen bedingt.

295,4 t Material wurden gemäss der Richtlinie HSK-R-13 freigemessen. Der grösste Teil davon stammt aus dem Rückbau der beiden Forschungsreaktoren DIORIT und SAPHIR. Mehrere Freimessungen wurden von der HSK inspiziert, wobei mit einer Ausnahme Übereinstimmung mit den Vorschriften festgestellt wurde.

6.7 Lagerung radioaktiver Abfälle

Im Bundeszwischenlager (BZL) werden vorwiegend 200 Liter-Fässer mit konditionierten Abfällen und Kleincontainer (bis 4,5 m³) mit unkondi-



Blick in den PROTEUS-Reaktor mit der aufgesetzten Wechselflasche zum fernbedienbaren Einfahren von abgebrannten Brennstoffproben. Unter der Plexiglasschutzhaube sind die sechs Schrittmotoren zur vertikalen Positionierung der Proben zu erkennen. Konzentrisch sind 16 Steuer-, Sicherheits- und Abschaltstäbe angeordnet.

Foto: PSI

tionierten oder endkonditionierten Komponenten eingelagert. Die HSK hat der Aufbewahrung weiterer nicht konditionierter Abfälle zugestimmt, sofern dies dem Optimierungsgebot der Strahlenschutzgesetzgebung entspricht. Der mit 200 Liter-Fässern belegte Raum war Ende 2007 zu 82 % gefüllt.

Das PSI setzt das gleiche elektronische Buchführungssystem wie die Kernkraftwerke ein, sodass die Information über Mengen, Lagerort und radiologische Eigenschaften der radioaktiven Abfälle jederzeit verfügbar ist.

6.8 Vorkommnisse

Die HSK hat ein Vorkommnis nach der Richtlinie HSK-R-25 in die Kategorie B eingestuft. Es handelte sich dabei um eine geringe Überschreitung einer betriebsinternen Ortsdosisjahreslimite in der Kernanlage DIORIT (siehe Kap. 6.4). Der betreffende Ort wurde nur temporär von Personen genutzt. Soweit nachvollziehbar, wurden keine Personen unzulässig exponiert.

Bei einem Transport vom PSI zum ZWILAG wurde die pflichtgemässe Meldung versäumt.

Die HSK hat das PSI aufgefordert, auf ein konsequentes Einhalten der Vorgaben zu achten. Bezüglich Konditionierung, Transporten radioaktiver Abfälle und Einlagerung wurden nämlich verschiedene kleine Mängel notiert.

Das PSI hat bei drei Transporten radioaktiver Materialien Nonkonformitäten festgestellt und der HSK gemeldet. Die Verantwortung dafür lag jeweils bei ausländischen Versendern und nicht beim PSI.

6.9 Strahlenschutz

Im Jahr 2007 akkumulierten die 1375 beruflich strahlenexponierten Personen des PSI (Aufsichtsbereiche des BAG und der HSK) eine Kollektivdosis von 154,4 Pers.-mSv (2006: 183,4 Pers.-mSv, 2005: 177,7 Pers.-mSv). Davon stammen 18,9 Pers.-mSv (2006: 19,0 Pers.-mSv; 2005: 22,2 Pers.-mSv) aus dem Aufsichtsbereich der HSK. Die höchste Individualdosis im HSK-Aufsichtsbereich betrug 1,4 mSv. Weitere Angaben zu den Personendosen des PSI sind im Strahlenschutzbericht der HSK zu finden.

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 0,007 mSv/Jahrberechnet. Diese Dosis liegt deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv/Jahr gemäss PSI-Abgabereglement.

6.10 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des PSI ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen gepaart mit einer entsprechenden Auslegung ihrer Anlagen im Aufsichtsbereich der HSK stellt das PSI die Notfallbereitschaft sicher.

Die HSK hat im Juni an der Institutsnotfallübung PROTEUS die Notfallorganisation des PSI zusammen mit dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) beobachtet und beurteilt. Die HSK kam in Übereinstimmung mit dem BAG zum Schluss, dass die Übungsziele erreicht wurden.



Die Überwachung des radioaktiven Zustands, hier die Kontaminationskontrolle von Material an der Zonengrenze, stellt eine wichtige Aufgabe des Strahlenschutzes dar. An der Strahlenschutzschule des PSI wird die Messung von Kontamination deshalb bei der praktischen Ausbildung von angehenden Strahlenschutzfachkräften intensiv geübt.

Foto: PSI

6.11 Personal und Organisation

Das PSI hat die Strahlenschutz-Verantwortung an den Abteilungsleiter Strahlenschutz und Sicherheit als Strahlenschutzsachverständigen delegiert. Er wird durch drei weitere Strahlenschutzsachverständige unterstützt. Für den Betriebsstrahlenschutz in den Kernanlagen des PSI stehen sechs anerkannte Strahlenschutzfachkräfte und -techniker zur Verfügung. In der Sektion Rückbau und Entsorgung sind ausserdem vier Strahlenschutzfachkräfte temporär angestellt.

Auf Grund von festgestellten Mängeln sowie angesichts der sich oft ändernden Arbeitssituationen im PSI kommt die HSK zum Schluss, dass die Strahlenüberwachung in den Kernanlagen des PSI personell unterdotiert ist.

6.12 Strahlenschutz-Schule

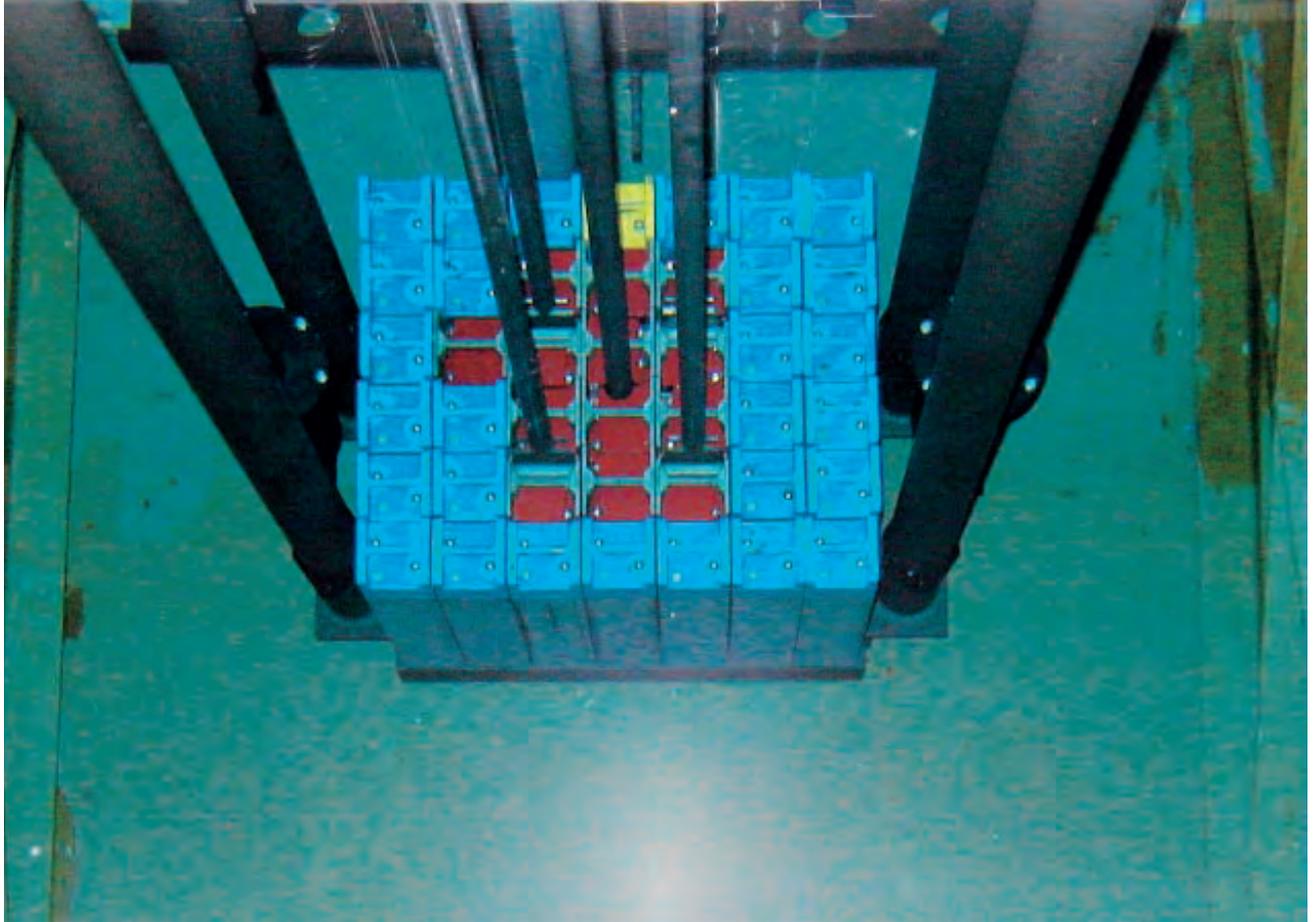
Im Berichtsjahr wurde neben zahlreichen Kursen im Bereich Medizin und Forschung auch der von der HSK anerkannte Ausbildungskurs für Strahlenschutzfachkräfte durchgeführt. Die HSK hat dabei die Qualität des Unterrichts überprüft und Prüfungen beaufsichtigt. Sie attestiert der Schule ein hohes Niveau der Lehrveranstaltungen.

6.13 Gesamtbeurteilung

Die nukleare Sicherheit im PSI war sowohl in Bezug auf die Auslegung der Kernanlagen des PSI als auch auf das Betriebsgeschehen gut. Die Betriebsstörungen und Befunde waren für das Personal von geringer sicherheitstechnischer Bedeutung. Die radiologischen Auswirkungen auf die Bevölkerung waren unbedeutend.

Die Rückbauarbeiten am Forschungsreaktor SA-PHIR erfolgten reibungslos. Die Experimente am Forschungsreaktor PROTEUS verliefen aus Sicht der HSK störungsfrei. Der Betrieb des Hotlabors ist auf Grund neuer und verbesserter Experimentier- und Infrastrukturanlagen sicherer geworden. Die Sicherheit der am PSI gelagerten radioaktiven Abfälle entwickelt sich durch die intensivierte Abfallkonditionierung positiv.

Vielfalt und Komplexität der PSI-Anlagen fordern von der Abteilung für Strahlenschutz und Sicherheit eine hohe Kompetenz in unterschiedlichen Bereichen. Dazu gehören die Unterstützung bei der Planung und Vorbereitung neuer Projekte, die Umsetzung von Strahlenschutzmassnahmen, die radiologische Überwachung der institutseigenen Anlagen sowie die Beratung und Unterstützung externer Stellen. Die HSK hat bei ihren Inspektionen im Bereich Strahlenschutz eine hohe Fachkompetenz beobachtet.



Aufsicht auf den Schwimmbad-Reaktor der Universität Basel mit den Brennelementen aus aluminiumumhüllten Brennstoffplatten (rot) und den Be-Reflektorelementen (blau). Der Reaktor befindet sich ausser Betrieb, da die Abschaltplatten eingefahren sind.
Foto: Uni Basel

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 2007 stand der CROCUS-Reaktor Ingenieur- und Physikstudenten der EPFL, Kursteilnehmern der Reaktorschule des PSI sowie Studenten der Ingenieurschule Genf und neu auch Studenten des Departements für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der ETHZ während 137 Stunden bei kleiner Leistung (unter 100 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 145 Wh thermische Energie erzeugt. Am Experiment CARROUSEL wurden Praktika zur Wirkung von Wasser als Moderator auf den Neutronenfluss durchgeführt. Die Neutronenquelle LOTUS war nicht in Betrieb.

Im Jahr 2007 wurden von der EPFL zwei Vorkommnisse gemeldet. Zunächst verklemmte sich die mehrere Tonnen schwere Drehtür der Reaktorabschirmung des CROCUS und konnte nicht mehr bewegt werden. Das defekte Lager wurde repariert. In der zweiten Jahreshälfte wurde eine geringfügige Freisetzung von gasförmigem Tritium im Rohr des Neutronengenerators der Anlage LOTUS festgestellt. Die Strahlenexposition für Personal, Bevölkerung und Umgebung war unbedeutend und weit unterhalb des zulässigen Wertes. Die HSK stufte beide Vorkommnisse als Typ U und INES 0 ein.

Im Jahr 2007 lagen die Dosen des Personals unterhalb der Nachweisgrenze der anerkannten Dosimeter. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend. Anlässlich einer Inspektion im November 2007 stellte die HSK fest, dass sich die Anlagen in einem ordentlichen und sauberen Zustand befinden und die Vorschriften betreffend Strahlenschutz für das Personal und die Umwelt eingehalten werden.

7.2 Universität Basel

Der Forschungsreaktor der Universität Basel dient vorwiegend der Ausbildung von Studenten und der Neutronenaktivierungsanalytik (NAA).

Die Nutzung des Reaktors hat sich gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Im Jahr 2007 betrug die produzierte Energie 36,9 kWh (2006: 36,6 kWh 2005: 18 kWh). Neben der Nutzung des Kantonalen Laboratoriums Basel Stadt zur Qualitätsprüfung von Lebensmitteln wurden dieses Jahr in vier Ausbildungskursen 30 Studenten in der NAA ausgebildet. Im Weiteren fand eine Maturaarbeit zum Thema Hg, I und U in Fischproben statt, und im Rahmen einer Projektarbeit wurde eine quantitative NAA von archäologischen Tonscherben durchgeführt. Die PSI-Reaktorschule nutzte die Anlage im Rahmen ihres erweiterten Ausbildungsprogramms an drei Tagen für Praktika. Zudem wurden im Rahmen von Strahlenschutz-Ausbildungskursen an vier Tagen Bestrahlungen und radiologische Messungen durchgeführt.

Der Reaktorbetrieb erfolgte im Kalenderjahr 2007 störungsfrei bei einer thermischen Leistung von rund 1 kW. Die Individualdosen sowie die Kollektivdosen lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgaben radioaktiver Stoffe über den Luft- und den Abwasserpfad waren unbedeutend.

Die im Jahr 2006 auf Basis der KEV eingeleitete Revision der Betriebs-, Notfall- und Strahlenschutzreglemente wurde im Berichtsjahr von der HSK freigegeben.

An ihrer Jahresinspektion 2007 überprüfte die HSK die Vorgehensweise des Reaktorpersonals bei den Brennelementbewegungen. Der Betreiber wurde aufgefordert, Werkzeuge, Hilfsmittel und Dokumentation für diese selten durchgeführte Aktion zu verbessern. Die Brennelementinspektion zeigte, dass sich der Zustand der Brennelemente gegenüber der letzten Prüfung vor drei Jahren nicht geändert hat. Die HSK stellte fest, dass die vorgegebenen Betriebsbedingungen im Jahr 2007 eingehalten wurden. Sie bescheinigt dem Forschungsreaktor 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 die SDR⁴ und die RSD⁵.

Hauptverantwortlich für die Einhaltung der Transportvorschriften und für die Sicherheit ist der Absender. Bei Transporten von Kernbrennstoffen oder anderen radioaktiven Stoffen mit hoher Aktivität wird verlangt, dass der Versender vorgängig ein Genehmigungszeugnis von der zuständigen Behörde einholt. Die Genehmigungen betreffen je nach Fall die Versandstücke und/oder die Beförderung. Sie bilden eine Voraussetzung für die kernenergierechtlichen Bewilligungen.

Die HSK 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. Bei der Genehmigung von Versandstücken, die in der Schweiz zum Einsatz kommen, geht es um die Anerkennung der von der zuständigen Behörde des Ursprungslandes ausgestellten Zulassung des Versandstückmusters. Dabei prüft die HSK die Vollständigkeit des zum Versandstückmuster erstellten 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 auf Grund einer Sondervereinbarung erfolgt. In solchen Fällen müssen für den Transport spezielle Massnahmen getroffen werden, die von der HSK festgelegt werden. Zudem wird anhand der einge-

reichten Dokumente jeweils geprüft, dass Verpackung und Inhalt den Vorschriften entsprechen.

Im Berichtsjahr hat die HSK 8 Gesuche nach Gefahrgutgesetzgebung beurteilt und die jeweilige Genehmigung ausgestellt. Davon betrafen 7 Gesuche die Anerkennung der Zulassung von Versandstückmustern (2 Transportbehälter für abgebrannte Brennelemente, 2 Transportbehälter für unbestrahlte Brennelemente und 3 Transportbehälter für sonstige radioaktive Stoffe). Ein weiteres Gesuch bezog sich auf die Anerkennung eines radioaktiven Stoffes in «besonderer Form», d.h. in einer besonders gekapselten, eingeschlossenen Bauart.

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 und in der Strahlenschutzverordnung festgehalten. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) ist die HSK zuständig für die Erteilung solcher Bewilligungen im Bereich der Kernanlagen.

Im Berichtsjahr hat die HSK 5 Bewilligungen in diesem Sinne erteilt. 2 davon wurden an in- und ausländische Beförderer erteilt und betrafen den Transport radioaktiver Stoffe als Tätigkeit. 3 weitere Bewilligungen wurden zur Einfuhr bzw. Ausfuhr von radioaktiven Stoffen an schweizerische Kernkraftwerke und das PSI 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 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

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, 2005 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)

Hinblick auf die kernenergierechtliche Bewilligung von Transporten prüft jeweils die HSK als Fachbehörde, dass die nukleare Sicherheit gewährleistet ist und die Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter erfüllt sind. Das BFE erteilt die Bewilligung erst auf Grund einer zustimmenden Beurteilung durch die HSK.

Im Berichtsjahr hat die HSK 19 Beurteilungen für kernenergierechtliche Transportbewilligungen abgegeben. 10 Beurteilungen wurden für inländische Transporte von radioaktiven Abfällen erstellt. 3 Beurteilungen bezogen sich auf die Einfuhr von frischen Brennelementen zu Kernkraftwerken. 2 Beurteilungen betrafen Transporte von jeweils einem unbestrahlten Brennelement zum ausländischen Hersteller und die anschliessende

Wiedereinfuhr mit Transport zum schweizerischen Kraftwerk. Die restlichen 4 Beurteilungen betrafen inländische Transporte von bestrahlten Brennelementen zum Zwischenlager.

8.4 Transport bestrahlter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle

Auf Grund des zehnjährigen Moratoriums finden bis 2016 keine Transporte bestrahlter Brennelemente ins Ausland statt. In der Schweiz wurden bestrahlte Brennelemente vom KKM zum ZZL mittels zwei Shuttlekampagnen mit je 10 Einzeltransporten transferiert. Dazu wurde auch ein Behälter mit 69 Brennelementen aus dem KKL zum ZZL transportiert. Bei allen Transporten von Brennelementen, Glaskokillen und radioaktiven Abfällen wurden die gefahrgutrechtlichen Grenzwerte und die Strahlenschutzvorgaben eingehalten. Die Rücklieferungen von verglasten hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung werden voraussichtlich ab ca. 2009 wieder stattfinden (siehe Kap. 5.7).

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 Zwischenlager 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 entsprechende HSK-Richtlinie (HSK-R-52), die diese Anforderungen konkretisiert, wurde 2007 grundlegend überarbeitet und einer externen Vernehmlassung unterzogen. Während die Anforderungen an die Behälter praktisch unverändert bleiben, werden die Vorgaben für die fertigungsbegleitenden Kontrollen sowie das Freigabeverfahren den aktuellen Erfahrungen angepasst. Mit dieser

Umladen eines Transportbehälters von einem Schienen- auf ein Strassenfahrzeug
Foto: Zwiilag



Richtlinie ist die Auslegung der TL-Behälter ausreichend spezifiziert, weshalb Behälterspezifikation, Ausschreibung und Auftragsvergabe in Eigenverantwortung des Bestellers erfolgen. Vor dem Einsatz eines jeden Behälterexemplars bedarf es jeweils einer Zustimmung der HSK. Diese wird nur erteilt, wenn die korrekte Durchführung der Fertigung einschliesslich aller Prüfungen abschliessend nachgewiesen und dokumentiert ist.

Neben der jeweiligen Prüfung der Lagersicherheitsberichte von bereits anerkannten Behältertypen, welche nach Änderungen an Design oder Inhalt aktualisiert und eingereicht wurden, hat die HSK im Berichtsjahr massgeblich an der Prüfung des modifizierten Behältertyps TN24GB für die Einlagerung im ZWIBEZ am Standort Beznau gearbeitet.

In Rahmen der Behälterfertigung haben Mitarbeiter des SVTI im Auftrag der HSK umfangreiche unabhängige Kontrollen bei drei Fertigungsserien der Behältertypen TN24GB, TN24BH und TN81 durchgeführt sowie weitere Kontrollaufgaben beim Einsatz der Behälter wahrgenommen.

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 Qualitätssicherungsprogramme der Konstrukteure und Hersteller von Verpackungen sowie jene der Spediteure,

Absender, Beförderer und Empfänger von radioaktiven Stoffen müssen die Einhaltung der Vorschriften gewährleisten.

Alle schweizerischen Kernkraftwerke, das Zentrale Zwischenlager und das Paul Scherrer Institut verfügen über Qualitätssicherungsprogramme für den Transport radioaktiver Stoffe, die von der HSK anerkannt bzw. von einer akkreditierten Stelle zertifiziert sind. Zur Aufrechterhaltung bzw. Erneuerung der Anerkennung werden in diesen Kernanlagen periodisch Audits durchgeführt. Auf Grund der fünfjährigen Gültigkeit derartiger Anerkennungen standen im Berichtszeitraum keine Rezertifizierungsaudits an.

Neben Kontrollen beim Transport von bestrahlten Brennelementen inspizierte die HSK im Berichtsjahr auch einzelne Antransporte von frischen Brennelementen zu den Kernkraftwerken sowie mehrere Transporte radioaktiver Abfälle und sonstiger radioaktiver Stoffe von und zu den schweizerischen Kernanlagen. In Bezug auf Kontamination und Dosisleistung wurde keine Überschreitung von Grenzwerten festgestellt. Alle Vorschriften bezüglich Sicherheit und Strahlenschutz des Personals, der Bevölkerung und der Umwelt waren stets eingehalten. Allerdings waren erneut einige, meist formale Abweichungen von den Vorschriften zu verzeichnen (z.B. fehlerhafte Eintragungen in den Beförderungspapieren oder Bezettelungen). In mehreren Fällen betraf dies Absender, die nicht zum Aufsichtsbereich der HSK gehören (z.B. ausländische Absender). In diesen Fällen wurde die jeweilige Aufsichtsbehörde schriftlich informiert.

9. Anlagenübergreifende Themen

9.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management

9.1.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen

Mit der Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) wird das Risiko, dass ein schwerer Unfall in einem Kernkraftwerk auftritt, abgeschätzt. 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. Jedes Schweizer Kernkraftwerk hat eine anlagenspezifische PSA-Studie erstellt und aktualisiert diese regelmässig.

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 anlageninterne Störfälle wie z.B. Brüche in Kühlmittel führenden Leitungen oder Ausfälle der Wärmeabfuhr sowie externe Störfälle wie Erdbeben, Flugzeugabsturz oder extreme Überflutungen. Die darauf aufbauende Stufe-2-PSA umfasst die Analyse des weiteren Verlaufs eines Kernschadens bis zu einer eventuellen Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt. Die Stufe-3-PSA bestimmt schliesslich den Schaden in der Umgebung des Kraftwerks. Basierend auf Art. 41 der Kernenergieverordnung, verlangt die HSK für alle schweizerischen Kernkraftwerke PSA-Studien der Stufen 1 und 2.

Im Jahr 2007 wurden im Wesentlichen folgende Arbeiten im Bereich PSA durchgeführt und der HSK eingereicht:

- Das KKB reichte der HSK zu Beginn des Jahres 2007 eine Zwischenaktualisierung der PSA für die Betriebszustände Revisionsstillstand und Schwachlast ein. Die Aktualisierung beinhaltete insbesondere die noch nicht im Modell berücksichtigten Anlageänderungen, neue Erdbebengefährdungsannahmen (auf Basis des Projektes PEGASOS, siehe Kapitel 9.1.2), eine erweiterte Auswertung der Betriebserfahrung sowie erstmals eine vereinfachte Stufe-2-Analyse.

Die aktualisierten Teile der Stufe-1-PSA stellen aus Sicht der HSK eine gute Basis für risikoinformierte Anwendungen dar. Ferner erachtet die HSK den von den KKW gewählten Ansatz einer vereinfachten Stufe-2-PSA für die Betriebszustände Revisionsstillstand und Schwachlast als angemessen. Verbesserungspotenzial sieht die HSK noch bei der Untersuchung stillstandspezifischer Schwerunfallphänomene und der Durchführung einer stillstandspezifischen Quelltermanalyse für Phasen des Stillstandbetriebs, in denen sich die Brennelemente mehrheitlich bzw. komplett im Lagerbecken befinden.

Einer Auflage aus dem Gutachten zur Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung entsprechend reichte das KKB der HSK Ende 2007 termingerecht den überarbeiteten Erdbebenanteil der Stufe-1-PSA für die Betriebszustände Volllast sowie Revisionsstillstand und Schwachlast ein. In der neuen Analyse werden die verschärften Erdbebengefährdungsannahmen verwendet, welche basierend auf den Erkenntnissen aus dem Projekt PEGASOS (siehe Kapitel 9.1.2) festgelegt wurden. Mit neuartigen probabilistischen Ansätzen analysierte das KKB die Erdbebenfestigkeit von relevanten Gebäuden und hunderten von Ausrüstungen. Gemäss KKB zeigen die Analysen, dass insbesondere die Ausrüstungen des Notstandsystems gegenüber Starkbeben wesentlich robuster sind als bisher angenommen. Das von der IAEA für bestehende Anlagen empfohlene probabilistische Sicherheitsziel einer Kernschadenshäufigkeit von unter 10^{-4} pro Jahr wird klar eingehalten. Der für das KKB für alle auslösenden Ereignisse insgesamt ausgewiesene Wert von $2 \cdot 10^{-5}$ pro Jahr liegt jedoch über der in der Kernenergieverordnung festgehaltenen Kernschadenshäufigkeit von $1 \cdot 10^{-5}$ pro Jahr für ein neues Kernkraftwerk. Gemäss Kernenergieverordnung Art. 82 sind bestehende Anlagen soweit nachzurüsten, als dies nach der Erfahrung und dem Stand der Nachrüsttechnik notwendig ist und darüber hinaus soweit die Massnahmen angemessen sind. Die HSK forderte deshalb vom KKB, die Möglichkeiten für weitere risikomindernde seismische Ertüchtigungen systematisch zu untersuchen.

Das KKB hatte gegen Ende 2006 eine überarbeitete Zuverlässigkeitsanalyse von Operateur-

handlungen eingereicht, welche die in der PSA abgebildeten Handlungen werkspezifischer bewertet. Im Rahmen der Überprüfung dieser Analyse wurden im Berichtsjahr einige Verbesserungsmöglichkeiten in den Not- und Störfallvorschriften identifiziert.

- Das KKG hat im Hinblick auf die bevorstehende Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) an der Weiterentwicklung der PSA gearbeitet. Die Überarbeitung umfasst insbesondere die Berücksichtigung der neuen Erdbebengefährdungsannahmen, die Neubewertung von Operateurhandlungen, die Aktualisierung der Brand-PSA und erstmals die Durchführung einer Stufe-2-PSA für den Betriebszustand Revisionsstillstand.
- Das KKL ergänzte im April 2007 die Ende 2006 im Rahmen der PSÜ eingereichte, aktualisierte Stufe-1- und Stufe-2-PSA durch Analysen zu den Ereignissen Brand und Überflutung. Unabhängig davon lieferte das KKL auf Anfrage der HSK ergänzende Informationen, welche für die behördliche Überprüfung der PSA erforderlich waren. Die Ergebnisse der Überprüfung fliessen in die Stellungnahme der HSK zur PSÜ ein.
- Das KKM hatte der HSK Ende 2005 anlässlich der PSÜ eine vollständig neu erstellte PSA eingereicht. Im Jahr 2007 schloss die HSK die Überprüfung dieser PSA im Rahmen der Stellungnahme zur PSÜ ab. Es zeigte sich, dass die PSA in verschiedenen Bereichen einen Verbesserungsbedarf aufwies. Dies führte u. a. zu einer Forderung nach einer umfassenden Überarbeitung der Erdbeben-PSA. In diesem Zusammenhang verlangte die HSK vom KKM ferner, kurzfristig realisierbare seismische Ertüchtigungen zu identifizieren und die Möglichkeiten für weitere seismische Ertüchtigungen systematisch zu untersuchen. Im Berichtsjahr kündigte das KKM an, dass diverse Elektroschränke, Verstärkungen von Mauerwerkswänden und der Haupttank eines Notstromdieselgenerators ertüchtigt werden sollen. Die HSK begrüsst die vom KKM geplanten Arbeiten.
- Alle Kernkraftwerksbetreiber reichten im Berichtsjahr eine probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung des Vorjahres ein. Bei diesem Bewertungsverfahren wird anhand des PSA-Modells der Einfluss von unvorhergesehenen Kraftwerksabschaltungen und von Komponentenunverfügbarkeiten durch Reparatur, Wartung oder Funktionstests auf das Risiko ermittelt. Die HSK sammelt diese Daten, um weitere Erfahrungen daraus abzuleiten mit dem Ziel, das Verfahren

der probabilistischen Bewertung der Betriebserfahrung stärker zu harmonisieren. Für das Jahr 2006 lassen sich folgende, für alle Kernkraftwerke gültigen Aussagen zur Bewertung der Betriebserfahrung machen:

- Die vorliegenden Daten zeigen für das Jahr 2006 keine extremen Risikospitzen, und das kumulative Risiko blieb über dieses Zeitintervall gering.
- Der Einfluss der klassierten Ereignisse auf das momentane und das kumulative Risiko war gering. Dadurch rücken die geplanten Wartungsaktivitäten bei der probabilistischen Bewertung der Betriebserfahrung in den Vordergrund. Zum Beispiel gab es beim KKB 2 im Jahr 2006 kein klassiertes Ereignis. Für diesen Block wurde die maximale Risikospitze durch die Unverfügbarkeiten von Komponenten (insbesondere die Notspeisewasserpumpe LSE 1 und der Notstanddiesel XG3000) des Blocks 1 während der Revisionsabstellung verursacht.
- Es trat kein latenter Fehler mit relevantem Einfluss auf das kumulative Risiko in Erscheinung. Latente Fehler bleiben unentdeckt, bis die betroffene Komponente angefordert oder mit einer Funktionsprüfung getestet wird. Sie können wichtig sein, weil beim kumulativen Risiko nicht nur die momentane Risikoerhöhung durch eine Komponentenunverfügbarkeit, sondern auch die Dauer der Unverfügbarkeit eine Rolle spielt. Latente Fehler sind umso bedeutender, je wichtiger eine Komponente ist und je länger das Testintervall dauert.
- Es ergab sich keine Unverfügbarkeitskombination von Komponenten mit einer ausserordentlichen Risikospitze. In der probabilistischen Bewertung der Betriebserfahrung werden dabei auch Unverfügbarkeitskombinationen von Komponenten betrachtet, welche über die in der Technischen Spezifikation behandelten hinausgehen.

Im Jahr 2007 überarbeiteten und ergänzten das KKL und KKM ihre PSA-Modelle, um sie für die probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung besser anwenden zu können. Damit sind nun die PSA-Modelle der Schweizer Kernkraftwerke auch insgesamt besser harmonisiert.

Für die PSA der Schweizer Kernkraftwerke hat die HSK auf Basis der Erkenntnisse aus dem Projekt PEGASOS (siehe Kapitel 9.1.2) neue, verschärfte Erdbebengefährdungsannahmen festgelegt. Diese neuen Annahmen führen in Kombination mit den restlichen Teilen der herkömm-

lichen Modelle der Erdbeben-PSA dazu, dass das Risiko der Schweizer Kernkraftwerke durch schwere Erdbeben dominiert wird. Da solche schwere Erdbeben selten sind und weil für den Bau von Kernanlagen weitaus strengere Bestimmungen als für Normalbauten gelten, ist das Risiko der Kernkraftwerke nach wie vor sehr gering. Das von der IAEA für bestehende Anlagen empfohlene probabilistische Sicherheitsziel einer Kernschadenshäufigkeit von unter 10^{-4} pro Jahr wird in den per Ende 2007 vorliegenden PSA der Schweizer Kernkraftwerke klar eingehalten. Die Erkenntnisse aus dem PEGASOS-Projekt sind in diesen Studien in unterschiedlichem Fortschrittsgrad umgesetzt. Um das seismische Risiko noch genauer bewerten zu können, ist es unerlässlich, neben der standortspezifischen Erdbebengefährdung auch die Erdbebenfestigkeit der Gebäude und der Komponenten mit modernsten probabilistischen Methoden zu bestimmen. Sowohl für Schweizer Kernkraftwerke als auch in der internationalen Fachwelt sind dazu umfangreiche Entwicklungen im Gang. Mit der vom KKB Ende 2007 eingereichten neuartigen Erdbeben-PSA liegen in Bezug auf diese Weiterentwicklungen die aktuellsten Erfahrungen vor (siehe oben). Parallel zu den fortwährenden Untersuchungen zum Erdbebenrisiko hat die HSK die Betreiber der Schweizer Kernkraftwerke aufgefordert, die Möglichkeiten und den Nutzen von weiteren risikomindernden seismischen Ertüchtigungen systematisch zu untersuchen.

9.1.2 PEGASOS

Für den sicheren Betrieb der Schweizer Kernkraftwerke sind fundierte Kenntnisse der Erdbebensicherheit wichtig. Bereits beim Bau der 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 von der HSK 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 die HSK im Jahre 1999 von den Kernkraftwerksbetreibern, die Erdbebengefährdung nach dem fortschrittlichsten Stand der methodischen Grundlagen neu zu bestimmen und dabei insbesondere die Unschärfe der Rechenergebnisse umfassend zu quantifizieren. Zur Umsetzung der Forderung der HSK gaben die Kernkraft-

werkbetreiber 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 möglichst umfassender Berücksichtigung des Kenntnisstandes der international massgebenden Fachwelt berechnet. Dazu wurden Fachleute von erdwissenschaftlichen und unabhängigen fachtechnischen Organisationen aus dem In- und Ausland beigezogen. Mit dem Projekt PEGASOS hat die Schweiz Neuland betreten. Es ist die erste und bisher einzige Studie dieser Art in Europa.

Das Projekt wurde von der HSK mit einem Expertenteam begleitend überprüft. Die HSK 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 die HSK auch fest, dass die in den PEGASOS-Ergebnissen ausgewiesene Bandbreite der Unsicherheiten recht gross ist und durch weitere Untersuchungen verkleinert werden könnte.

Seit Abschluss des Projekts sind die Kraftwerksbetreiber dabei, die PEGASOS-Ergebnisse vor allem auf ihre Umsetzbarkeit hin zu prüfen und zu bewerten. Eine Herausforderung bereitet die grosse Bandbreite der Ergebnisse, die nicht zuletzt darauf zurückzuführen ist, dass für starke Erdbeben in unseren Regionen kaum Erfahrungswerte vorliegen. Um die offenen Punkte und das weitere Vorgehen in der Fachwelt zu diskutieren, organisierten die KKW-Betreiber zwei Workshops in der Schweiz und stellten die PEGASOS-Studie bei einer OECD-Konferenz in Korea vor. Basierend auf den Ergebnissen aus den PEGASOS-Prüfarbeiten haben die KKW-Betreiber vorläufige Schwerpunkte für Zusatzarbeiten zu PEGASOS erstellt. Diese diskutierten sie im Mai 2007 in den USA mit der amerikanischen Industrie sowie mit der HSK und den amerikanischen Behörden. Im Juni 2007 wurden die PEGASOS-Studie und der aktuelle Stand der weiteren Entwicklungsschritte von der HSK, der Swiss-nuclear und dem Schweizerischen Erdbebendienst mit einem Mediengespräch der breiteren Öffentlichkeit vorgestellt. Die Informationsveranstaltung wurde durch einen schriftlichen Bericht der HSK (HSK-AN-6252) ergänzt. Darin werden das Projekt PEGASOS, die bislang geleisteten Folgearbeiten und die vorliegenden Erkenntnisse zusammengefasst sowie die verlangten Massnahmen darge-

legt. Ende 2007 reichten die Betreiber einen Projektplan für Zusatzarbeiten an der PEGASOS-Studie ein.

9.2 Übereinkommen über nukleare Sicherheit

Das internationale Übereinkommen über nukleare Sicherheit (Convention on Nuclear Safety CNS) hat das Ziel, in den Unterzeichnerstaaten ein hohes Mass an nuklearer Sicherheit zu erreichen und zu erhalten, Mensch und Umwelt vor strahlungsbedingten Gefahren zu schützen und Unfälle in Kernkraftwerken zu vermeiden. Die Schweiz hat das Übereinkommen im Oktober 1995 unterzeichnet und im September 1996 ratifiziert. Die Vertragspartner haben sich verpflichtet, die Grundsätze des Übereinkommens anzuwenden, und erstellen hierzu alle drei Jahre einen Länderbericht. Die Berichte werden im Rahmen einer Konferenz

bei der Internationalen Atomenergieagentur IAEA in Wien überprüft. Die bisherigen Überprüfungskonferenzen fanden 1999, 2002 und 2005 statt. Die nächste Konferenz findet somit 2008 statt. Die HSK hat den dafür notwendigen Länderbericht der Schweiz erstellt und der IAEA im September 2007 eingereicht. Der Bericht ist auf der Website der HSK (www.hsk.ch) in englischer Sprache abrufbar.

An der Vorbereitungskonferenz vom September 2007 für die Überprüfungskonferenz vom April 2008 wurden die Zusammenstellung der Ländergruppen und die Verteilung der jeweiligen Chargen festgelegt. Die Schweiz befindet sich in einer Ländergruppe mit Kanada, Deutschland, Bulgarien, Niederlande, Chile, Kuwait, Luxemburg, Sri Lanka und Uruguay. Sie übernahm das Amt des Stellvertretenden Vorsitzenden und signalisierte, auch in Zukunft die Ziele der Convention on Nuclear Safety mit Entschlossenheit weiterverfolgen und ihren Beitrag zur nuklearen Sicherheit leisten zu wollen.

10. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle

Gemäss Kernenergiegesetz sind die Abfallverursacher, d.h. in erster Linie die Betreiber der Kernkraftwerke, verpflichtet, die anfallenden radioaktiven Abfälle sicher zu entsorgen. Die radioaktiven Abfälle sind in geologische Tiefenlager zu verbringen. Im Auftrag der Betreiber 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 (siehe Kap. 10.2) und eines für hochaktive Abfälle (Kap. 10.3). 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. 10.4). 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 (SGT) verbindlich fest. Der Sachplan ist ein Planungsinstrument, mit dem der Bund das Vorgehen bei der Standortwahl von geologischen Tiefenlagern definiert. Die Sicherheit und der langfristige Schutz von Mensch und Umwelt haben dabei oberste Priorität. Die HSK hat als Sicherheitsbehörde die im Auswahlverfahren anzuwendenden sicherheitstechnischen Kriterien festgelegt.

Von Januar bis April 2007 wurde zum Sachplan eine dreimonatige Anhörung durchgeführt, in der zahlreiche Stellungnahmen aus dem In- und Ausland eingereicht wurden. Das BFE hat unter Mitarbeit der HSK einen Erläuterungsbericht verfasst, in dem die Anliegen der eingereichten Stellungnahmen gewürdigt und die daraus erfolgten Änderungen sowie die abgewiesenen Änderungswün-

sche erläutert werden. Im Oktober 2007 erfolgte eine Ämterkonsultation, danach fand die gemäss Raumplanungsgesetz vorgesehene letzte Bereinigung mit den Kantonen statt. Ausstehend ist noch die Verabschiedung des Konzeptteils SGT durch den Bundesrat.

10.2 Schwach- und mittelaktive Abfälle

Im Rahmen der Umsetzung des im Sachplans geologische Tiefenlager beschriebenen Verfahrens wird eine breit angelegte Standortsuche durchgeführt werden, die sich auf die von der HSK definierten sicherheitstechnischen Kriterien abstützt. Die Nagra bereitet sich gegenwärtig auf diese Aufgabe vor.

10.3 Hochaktive Abfälle

Im Juni 2006 akzeptierte der Bundesrat den von der Nagra eingereichten Entsorgungsnachweis für die hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfälle. Die HSK hatte zu diesem Entsorgungsnachweis zuhanden des Bundesamtes für Energie in einem Gutachten Stellung genommen und kam zum Ergebnis, dass der Entsorgungsnachweis am gewählten Standort und mit der gewählten Tiefenlagerauslegung erbracht sei. Gleichzeitig lehnte der Bundesrat den Antrag der Nagra ab, die weiteren Sondierungen für ein Tiefenlager für hochaktive Abfälle nur auf die Region Zürcher Weinland zu fokussieren. Die Standortsuche wird im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager erfolgen.

10.4 Felslaboratorien

Die mit internationaler Beteiligung betriebene Forschungstätigkeit der Nagra in den beiden Felslaboratorien Grimsel (Kristallingestein) und Mont Terri (Opalinuston) wurde 2007 weiter fortgesetzt. In diesen Felslabors werden Untersuchungen durch-

geführt, die zur baulichen Auslegung von Tiefenlagern und zur Beurteilung der Sicherheit von Tiefenlagern wichtige Erkenntnisse liefern. Die HSK ist an der Forschungstätigkeit im Felslabor Mont Terri beteiligt.

Zusammen mit der Ingenieurgeologie der ETH Zürich hat die HSK das EZ-B-Experiment durchgeführt. Dieses Experiment hat zum Ziel, die durch den Stollenbau verursachten Veränderungen im Tongestein zu erfassen. Im Zentrum stehen dabei die Bildungsmechanismen der Auflockerungszone, die beim Ausbruch eines Stollens infolge der Spannungumlagerungen entsteht.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Ausbruch des kurzen Teststollens eine geringere Auflockerungszone mit anderer Ausbildungsform verursacht hat als erwartet. Im Weiteren ergab das Experiment, dass kleine, bereits vorhandene

Scherflächen, die in der Regel kaum beachtet werden, für die Entwicklung der Risse in der Auflockerungszone eine grössere Rolle spielen. Schliesslich konnte gezeigt werden, dass Ort und Grösse der entstehenden Risse mit einem neuen, einfachen Modellansatz relativ gut berechnet werden können.

Der Opalinuston hat durch diese neuen Resultate seine guten Eigenschaften als potenzielle Endlagerformation nicht eingebüsst. Die Forschungsarbeiten haben aber zu einem besseren Verständnis der felsmechanischen Grundlagen geführt, die für die zukünftigen Prognosen der Prozesse im Nahfeld eines Endlagers im Opalinuston von Bedeutung sind. Insbesondere zeigen sie, dass die bisherigen konzeptionellen Annahmen der HSK über die Ausdehnung der Auflockerungszone im Opalinuston konservativ gewählt waren.

Das Felslabor Mont Terri steht unter der Federführung der Landestopographie und wird zurzeit durch eine neue Galerie erweitert. Die Periode des Ausbruchs wird für diverse Messungen zum mechanischen Verhalten des Gesteins in unmittelbarer Nähe und auch grösserer Entfernung der Ausbruchsstelle genutzt (Mine-by-Test).

Erweiterung eines
Stollens im Felslabor
Mont Terri
Foto: HSK



Anhang

Sicherheitsbewertung	97
Abbildung 1 HSK-Sicherheitsbewertungs-Skala	100
Abbildung 2 Definition der HSK-Kategorien G, N, V und A	102
Tabelle 1 Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke	103
Tabelle 2 Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2007	103
Tabelle 3 Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2007	104
Tabelle 4 Klassierte Vorkommnisse 2007	104
Tabelle 5 Kollektivdosen in den schweizerischen KKW im Berichtsjahr	105
Tabelle 6a Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2007 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	106
Tabelle 6b Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2007 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	107
Tabelle 6c Fussnoten	108
Tabelle 7 Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten	109
Tabelle 8 Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI	110
Tabelle 9 Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG	110
Tabelle 10 Liste der schweizerischen Richtlinien	111
Figur 1 Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 1998–2007	114
Figur 2 Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse, 1998–2007	115
Figur 3 Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1998–2007	116
Figur 4 Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1997–2007	117
Figur 5 Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1975–2007	118
Figur 6 Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW	119
Figur 7a Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	120
Figur 7b Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	120
Verzeichnis der Abkürzungen	121

Sicherheitsbewertung

Die HSK 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. Die HSK beurteilt die von ihr beaufsichtigten Aspekte hinsichtlich ihrer Aufgabe innerhalb der Sicherheitsvorsorge. Bisher fließen die Inspektionstätigkeit und die Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse 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.

Die HSK ordnet alle in die Sicherheitsbewertung eingehenden Aspekte nach mehreren Kriterien: Sie 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 die HSK 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 Sicherheitsvorsorge – 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 3 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 Bedeutung für alle Ebenen** bezeichnet. Ebenso lassen sich nicht alle Aspekte klar einem oder mehreren spezifischen Schutzzielen zuordnen. Diese Aspekte werden als Aspekte **mit Bedeutung für alle Schutzziele** bezeichnet.

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

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 3 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 Strahledosis 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 Sicherheitsebenen 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 Schutzzielen 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 Dichtigkeit 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.

Die HSK hat im Jahr 2007 alle Ergebnisse von Inspektionen, Zulassungsprüfungen und Vorkommnisanalysen nach dem beschriebenen System bewertet. Für die Kernkraftwerke hat sie 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 die HSK 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 grösser ist als die Tragweite der erwartungsgemässen Sachverhalte. Entsprechend müssen sich die aus der Sicherheitsbewertung abzuleitenden Massnahmen auch primär auf die Diskrepanzen zum Erwarteten richten. Die HSK hat auch die Transporte von und zu den Kernkraftwerken bei der systematischen Sicherheitsbewertung berücksichtigt. 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 vorderhand 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 2007 sind jeweils am Schluss der Kapitel 1 bis 4 unter dem Punkt «Sicherheitsbewertung» dargestellt.

Abbildung 1

HSK-Sicherheitsbewertungs-Skala
basierend auf der Internationalen Ereignisskala INES

7 Schwerwiegender Unfall Freisetzung von >10 000 TBq Iod-131-Äquivalent	
6 Ernsthafter Unfall Freisetzung von >1 000 und <10 000 TBq Iod-131-Äquivalent	
5 Unfall mit Gefährdung der Umgebung Freisetzung von >100 und <1 000 TBq Iod-131-Äquivalent	
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 Dosisbelastung eines Mitarbeiters, die einen vorzeitigen Tod erwarten lässt (Ganzkörperexposition ab ungefähr 5 Gy)
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 Dosisbelastung eines Mitarbeiters, die eine akute Strahlenerkrankung erwarten lässt (Ganzkörperexposition von ungefähr 1 Gy, Körperoberflächenexposition von ungefähr 10 Gy)
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 Dosisbelastung eines Mitarbeiters >50 mSv (Strahlenunfall)
1 Anomalie radioaktive Abgaben an die Umwelt >KAL und <JAL <u>und</u> Dosis der meist exponierten Person <0,1 mSv	1 Anomalie Dosisbelastung eines Mitarbeiters über der Dosislimite (>20 mSv bzw. >5 mSv für 16- bis 18-Jährige bzw. für Schwangere >2 mSv an der Oberfläche des Abdomens oder >1 mSv Effektivdosis aufgrund einer Inkorporation)
0 below scale	0 below scale

Vorkommnisklassierungen: Radioaktive Abgaben an die Umwelt

Teilskala 1

Vorkommnisklassierungen: Strahlenexposition des Personals

Teilskala 2

5	Unfall mit Gefährdung der Umgebung schwerer Kernschaden <u>oder</u> schwerer Schaden an den radiologischen Barrieren
4	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung bedeutender Kernschaden <u>oder</u> bedeutender Schaden an den radiologischen Barrieren
Schäden an der Anlage	
3	Ernsthafter Zwischenfall Beinaheunfall ohne Sicherheitsvorsorge- Reserven für zusätzliche Fehler
2	Zwischenfall wesentliche Schwächung der Sicherheitsvorsorge, aber mit Reserven für zusätzliche Fehler <u>oder</u> Verletzung der vorgeschriebenen Betriebsbedingungen und systematische ungünstige Merkmale der Sicherheitskultur <u>oder</u> im INES-Manual definierte (vgl. „initiator approach“)
1	Anomalie Verletzung der bewilligten Betriebsbedingungen <u>oder</u> Abweichungen innerhalb des erlaubten Bereichs und systematische ungünstige Merkmale der Sicherheitskultur <u>oder</u> im INES- Manual definierte Fälle der Anforderung von Sicherheitssystemen (vgl. „initiator approach“)

0 below scale

**Vorkommnisklassierungen:
Gestaffelte Sicherheitsvorsorge**

Teilskala 3

7
6
5
4
3
2
1

below scale

A

V

N

G

INES

HSK

7	Schwerwiegender Unfall*
6	Ernsthafter Unfall*
5	Unfall mit Gefährdung der Umgebung*
4	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung*
3	Ernsthafter Zwischenfall*
2	Zwischenfall*
1	Anomalie

A	Abweichung
V	Verbesserungsbedarf
N	Normalität
G	Gute Praxis

**Zellen-Bewertungen in
Sicherheitsbewertungs-Matrix**

* nur anwendbar für Bewertungen, die sich auf radioaktive Abgaben an die Umwelt oder die Strahlenexposition des Personals beziehen

Abbildung 2

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

Kategorien	Kriterien
>1	nach INES-Kriterien
1 Anomalie	<ul style="list-style-type: none"> im INES-Manual definierte Fälle der Anforderung von Sicherheitssystemen (vgl. „initiator approach“) Verletzung einer Bedingung einer Bewilligung oder Auflage, falls diese Verletzung eine Auswirkung auf die nukleare Sicherheit hat Verletzung einer Vorgabe in einem freigabepflichtigen Dokument (Kraftwerksreglement, Notfallreglement, Strahlenschutzreglement, technische Spezifikation, Brandschutzkonzept), falls die Verletzung eine Auswirkung auf die nukleare Sicherheit hat unzulässiger Fehler gemäss SVTI-Festlegung NE-14 mit Weiterbetrieb der Anlage ohne den erforderlichen Sicherheitsnachweis
A Abweichung	<ul style="list-style-type: none"> Betriebsstörung Ausfall eines sicherheitsrelevanten Systems oder einer sicherheitsrelevanten Komponente Erreichen einer begrenzenden Betriebsbedingung (die gemäss Technischer Spezifikation nur während einer begrenzten Zeit zulässig ist) unzulässiger Fehler gemäss SVTI-Festlegung NE-14 mit Sicherheitsnachweis für die Dauer bis zur Instandsetzung oder nächsten Prüfung unzulässiger Fehler gemäss SVTI-Festlegung NE-14 mit Abfahren der Anlage oder Reparatur Fehlerbefunde an mechanischen Ausrüstungen der Sicherheitsklassen 1 und 2, die keinen Dauerbetrieb zulassen 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 Abweichung von formalen Aspekten des ADR (internationales Gefahrgut-Transportrecht) <p>als Vorkommnis meldepflichtiger Sachverhalt innerhalb der bewilligten Betriebsbedingungen</p>
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	372	1020	1220
Elektrische Nettoleistung [MW]	365	365	355	970	1165
Reaktortyp	Druckwasser	Druckwasser	Siedewasser	Druckwasser	Siedewasser
Reaktorlieferant	Westinghouse	Westinghouse	GE	KWU	GE
Turbinenlieferant	BBC	BBC	BBC	KWU	BBC
Generatordaten [MVA]	2·228	2·228	2·214	1140	1318
Kühlung	Flusswasser	Flusswasser	Flusswasser	Kühlturm	Kühlturm
Kommerzielle Inbetriebnahme	1969	1971	1972	1979	1984

Tabelle 2

Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2007

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	9570	9055	8698	24967	29182
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	3062	2911	2897	8083	9437
Abgegebene thermische Energie [GWh]	147,1	5,5	1,30	201,2	–
Zeitverfügbarkeit ¹ [%]	96,9	92,0	91,7	94,9	94,5
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	3,1	8,0	7,8	5,1	4,8
Arbeitsausnutzung ² [%]	96,5	91,2	90,6	96,3	92,8
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	0	1	1	0	1
Unvorhergesehenes Abfahren der Anlage	0	0	0	0	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen (>10 % PN)	1	1	0	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 2007 (in Klammern Werte von 2006)

Funktion	KKB 1+2	KKM	KKG	KKL
Reaktoroperateur	36 (33)	22 (18)	26 (27)	25 (25)
Schichtchef und Stellvertreter	26 (26)	11 (10)	20 (20)	15 (17)
Piketzingenieur	13 (13)	7 (7)	14 (12)	13 (13)
Strahlenschutzsachverständiger	4 (4)	3 (3)	4 (5)	3 (3)
Strahlenschutzfachkraft	5 (5)	6 (6)	8 (8)	9 (9)
Strahlenschutztechniker	4 (5)	4 (4)	4 (4)	5 (5)
Gesamtbelegschaft (Personen)	514 (513)	320 (304)	401 (390)	448 (435)

Tabelle 4

Klassierte Vorkommnisse 2007

Datum	Anlage	Vorkommnis	Einstufung INES
8.2.2007	KKM	Rektorschnellabschaltung mit Frischdampfisolation	0
1.3.2007	KKL	Fehlstart eines Notstromdiesels bei einer Funktionsprüfung	0
6.3.2007	KKL	Rektorschnellabschaltung wegen fehlerhafter Auslösung des automatischen Druckabbausystems	1
18.6.2007	KKB2	Automatische Abschaltung eines Notstromdiesels bei einer Funktionsprüfung	0
29.6.2007	KKB1	Wanddickenschwächung an drei Frischdampfleitungsbögen	0
17.7.2007	KKG	Hüllrohrschaden mit Auswaschung von Brennstoff	0
25.7.2007	KKB1	Nichtanlaufen einer Pumpe des Containment-Sprühsystems bei einem Probelauf	0
7.8.2007	KKL	Wasseraustritt aus der Druckabbaukammer in Räume des Nostandsystems	0
9.8.2007	KKB	Reduzierte Notstromleistung des Wasserkraftwerkes wegen extremer Hochwasserführung der Aare	0
10.8.2007	KKB2	Verunreinigungen in einem Brennelementlagerbecken	0
10.8.2007	KKB2	Rektorschnellabschaltung beim Abfahren zum Revisionsstillstand	0
17.8.2007	KKB2	Wanddickenschwächung an zwei Frischdampfleitungsbögen	0
21.8.2007	KKB1	Nichtverfügbarkeit des Notstand-Dieselgenerators	1
31.10.2007	PSI	Überschreitung einer Ortsdosislimite im DIORIT	0

Tabelle 5

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

	KKB1		KKB2		KKG		KKL		KKM	
	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006
Aktionen										
BE-Wechsel	100			75						
Revisionsstillstand		355	357		452	445	403	616	900	709
Zwischenabstellung										
Leistungsbetrieb	56	47	52	47	97	96	209	269	402	354
Total	156	402	409	122	549	541	612	885	1302	1063

Tabelle 6a

Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2007 für die Kernkraftwerke und das Zentrale Zwischenlager Würenlingen und die daraus berechnete Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung (Fussnoten am Ende der Tabelle)

Ort	Medium	Art der Abgaben ⁴	Limiten ¹ Bq/Jahr	Tatsächliche Abgaben ^{2,4}			Berechnete Jahresdosis ³	
				Aequivalentabgaben		Bq/Jahr	Erwachsene mSv/Jahr	Kleinkind mSv/Jahr
Bq/Jahr	Bq/Jahr	Prozent der Limite						
KKB1 + KKB2	Abwasser 3870 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	–	<0,1%	6,9·10 ⁸	<0,001	<0,001
		Tritium	7·10 ¹³	1,1·10 ¹³	16%	1,1·10 ¹³	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1·10 ¹⁵	6,0·10 ¹²	0,6%	5,5·10 ¹²	<0,001	<0,001
		Aerosole	6·10 ⁹	–	<0,1%	9,9·10 ⁴	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	4·10 ⁹	5,3·10 ⁶	0,1%	5,3·10 ⁶	<0,001	<0,001
	Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	–	–	–	3,5·10 ¹⁰	0,0010	0,0017	
	Dosis total					0,0012	0,0020	
KKM	Abwasser 7354 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	7,2·10 ⁸	0,2%	7,6·10 ⁹	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 ¹³	3,7·10 ¹¹	1,9%	3,7·10 ¹¹	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2·10 ¹⁵	–	<0,1%	1,1·10 ¹¹	<0,001	<0,001
		Aerosole	2·10 ¹⁰	–	<0,1%	2,0·10 ⁶	0,0038	0,0033
		Iod: ¹³¹ I	2·10 ¹⁰	–	<0,1%	1,0·10 ⁷	<0,001	<0,001
	Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	–	–	–	3,7·10 ¹¹	0,0013	0,0022	
	Dosis total					0,0051	0,0054	
KKG	Abwasser 6633 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 ¹¹	–	<0,1%	2,2·10 ⁶	<0,001	<0,001
		Tritium	7·10 ¹³	1,6·10 ¹³	23%	1,6·10 ¹³	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1·10 ¹⁵	<5,6·10 ¹²	<0,6%	<5,4·10 ¹²	<0,001	<0,001
		Aerosole	1·10 ¹⁰	–	<0,1%	5,0·10 ⁵	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	7·10 ⁹	–	<0,1%	–	<0,001	<0,001
	Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	–	–	–	5,0·10 ¹⁰	<0,001	<0,001	
	Dosis total					<0,001	<0,001	
KKL	Abwasser 14 129 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	–	<0,1%	7,7·10 ⁷	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 ¹³	8,4·10 ¹¹	4,2%	8,4·10 ¹¹	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2·10 ¹⁵	–	<0,1%	1,3·10 ¹¹	<0,001	<0,001
		Aerosole	2·10 ¹⁰	–	<0,1%	1,6·10 ⁶	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	2·10 ¹⁰	8,7·10 ⁷	0,4%	8,7·10 ⁷	<0,001	<0,001
	Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	–	–	–	5,4·10 ¹¹	0,0029	0,0049	
	Dosis total					0,0029	0,0050	
ZZL	Abwasser 450 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 ¹¹	4,5·10 ⁸	0,2%	1,7·10 ⁹	<0,001	<0,001
		Tritium	–	–	–	1,3·10 ¹¹	<0,001	<0,001
	Abluft	β-/γ-Aerosole	1·10 ⁹	–	<0,1%	3,8·10 ⁵	<0,001	<0,001
		α-Aerosole	3·10 ⁷	–	<0,1%	9,8·10 ³	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	1·10 ¹²	1,5·10 ¹⁰	1,5%	1,5·10 ¹⁰	<0,001	0,001
	Tritium	1·10 ¹⁴	3,1·10 ¹¹	0,3%	3,1·10 ¹¹	<0,001	<0,001	
	Dosis total					<0,001	0,0011	

Tabelle 6b

Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2007 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung.

	PSI Ost								PSI West			Gesamtanlage des PSI ^{2,4}		
	Hochkamin	Saphir, Proteus	For-schungs-labor	Betriebs-Gebäude radioaktive Abfälle	Bundes-zwischen-lager	Zentrale Fortluft-anlagen	Injektor II	C-Labor	Abwasser 3016 m ³	Abluft	Aequivalent-abgaben			
Abgaben im Abwasser^{2,4} [Bq/a] Nuklidgemisch ohne Tritium Tritium	-	-	-	-	-	-	-	-	2,9·10 ⁸ 4,3·10 ¹²	-	7,1·10 ⁷ -			
Abgaben über die Abluft^{2,4} [Bq/a]														
Edelgase und andere Gase	1,2·10 ¹¹	-	-	-	-	1,6·10 ¹⁴	7,1·10 ¹⁰	-	-	1,6·10 ¹⁴	3,4·10 ¹⁴			
β/γ-Aerosole ⁴ , ohne Iod	1,5·10 ⁸	-	-	-	1,8·10 ⁴	4,0·10 ¹⁰	3,9·10 ⁶	6,6·10 ³	-	4,0·10 ¹⁰	-			
α-Aerosole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Iod	2,7·10 ⁸	-	-	-	-	8,4·10 ⁷	-	-	-	3,5·10 ⁸	2,8·10 ⁸			
Tritium in H ₂ O	1,9·10 ¹¹	4,3·10 ⁸	-	1,9·10 ¹⁰	2,8·10 ⁹	2,3·10 ¹²	-	-	-	2,5·10 ¹²	-			
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Jahresdosis³ [mSv/Jahr] für:														
Erwachsene	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,0070	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,0075			
Kleinkinder	0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,0071	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,0075			
Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert¹	0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	4,7 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	<5 %			

Tabelle 6c (Fussnoten)

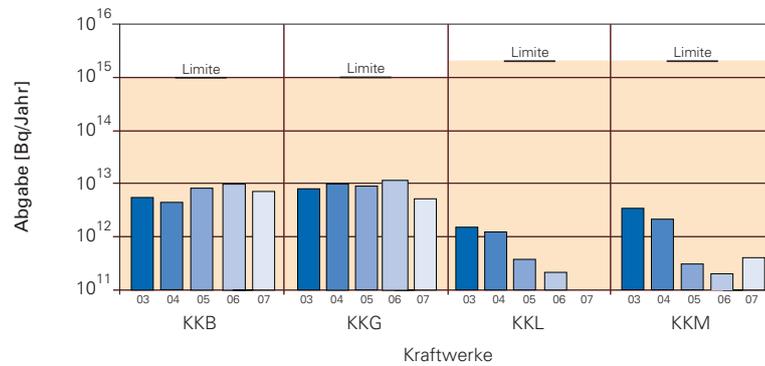
- 1 **Abgabelimiten** gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die Abgabelimiten wurden so festgelegt, dass die Jahresdosis für Personen in der Umgebung (vgl. Fussnote 3) für die Kernkraftwerke unter 0,2 mSv/Jahr respektive das Zentrale Zwischenlager in Würenlingen (ZZL) unter 0,05 mSv/Jahr bleibt. 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 von der HSK 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 HSK-Richtlinie R-41 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 relevante 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

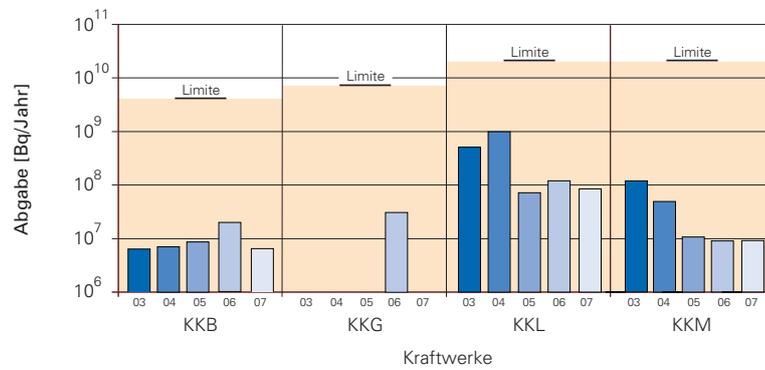
Abluft

Edelgase



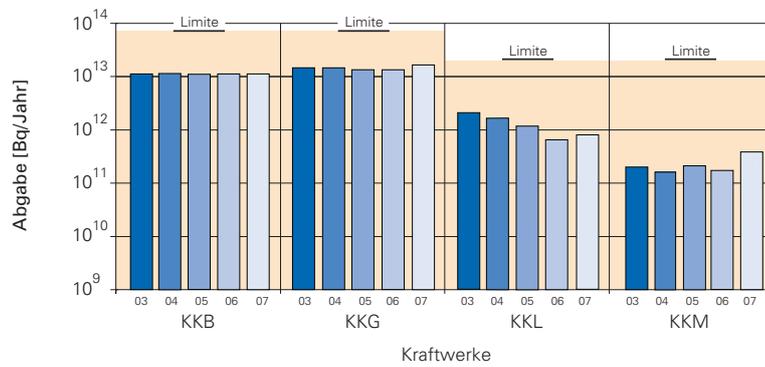
Abluft

Iod



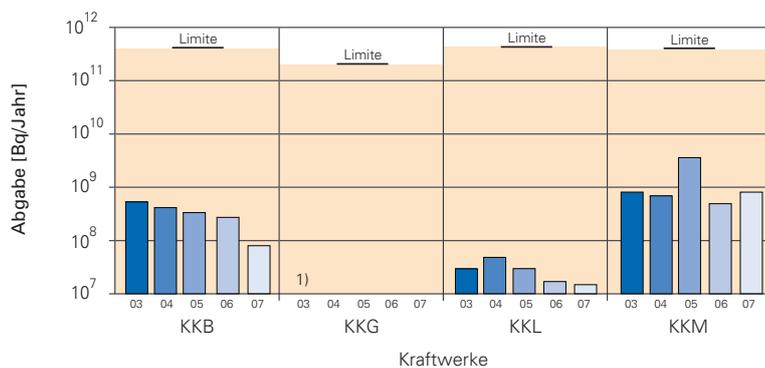
Abwasser

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 31.12.2007
(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	100	22	430	154	–	1380+5 ⁸
KKB	38	38	123	12	–	1107
KKM	38	45	92	22	21	824
KKG	28	23	48	9	7	178
KKL	21	52	28	28	262	1342
Total	225	180	721	225	290	4831+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; für KKM: Nettovolumen des Rohabfalls; für PSI: Rohabfallfässer + Abschirmcontainer + Sperrgut).
- 3 Bruttovolumen der im Berichtsjahr zur ZWILAG transferierten brennbaren und schmelzbaren Abfälle für die Konditionierung in der Verbrennungs- und Schmelzanlage.
- 4 Bruttovolumen in den Kernanlagen (abgeleitet aus der Anzahl Rohabfallfässer; für KKM: Nettovolumen des Rohabfalls; für PSI: Rohabfallfässer + Abschirmcontainer + Sperrgut).
- 5 Bruttovolumen im Berichtsjahr.
- 6 Transfer konditionierter Abfälle zur Zwischenlagerung bei der ZWILAG.
- 7 Bruttovolumen in den Lagern der Kernanlagen (die Differenz zum Volumen von 2006 für KKG und KKL und PSI ergibt sich aus der Berücksichtigung der exakten Gebinde-Volumina) im Jahr 2007.
- 8 21 Gebinde von KKB am PSI zur Sanierung.

Tabelle 9

Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG per 31.12.2007

	unkonditioniert			konditioniert		
	Anfall	Annahme	Bestand	Produktion	Auslagerung	Bestand
Geb. V+K ¹ [m ³]	51 ²	184 ³	249 ⁴	43	43	0
Lagergebäude (konditionierte Abfälle)				Einlagerung		Bestand
MAA-Lager [m ³]				360		898 ⁵
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Brennelementen				3		20
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Glaskokillen				–		8
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Lucens-Abfällen				–		6

- 1 Einschliesslich Hochregallager, Empfangsgebäude und K-Gebäude.
- 2 Eigene Sekundärabfälle aus allen Betriebsbereichen der ZWILAG.
- 3 Hierin enthalten ist die Annahme von kontaminiertem Öl (ca. 1 m³) und brennbaren Flüssigkeiten (ca. 0.2 m³) sowie 19 zusätzliche Fässer (ca. 4 m³) mit umgepackten Abfällen aus KKB.
- 4 Hierin enthalten sind 38 Gebinde (8 m³) mit leicht angereichertem uranhaltigem Material aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens.
- 5 Enthalten sind auch die zum Stichtag 31.12. 2006 noch nicht fertiggestellten (nicht transferierten) Gebinde (entspricht 20 m³) aus der Herbstkampagne 2006 der Plasmaanlage.

Tabelle 10

Liste der schweizerischen Richtlinien

Hinweis: Alle Richtlinien sind zusätzlich auch unter www.hsk.ch abrufbar.

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
HSK-B05	Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle	Feb. 2007
HSK-B11	Notfallübungen	Nov. 2007
R-004/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken, Projektierung von Bauwerken	Dez. 1990
R-005/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken, mechanische Ausrüstungen	Okt. 1990
R-006/d	Sicherheitstechnische Klassierung, Klassengrenzen und Bauvorschriften für Ausrüstungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren	Mai 1985
R-007/d	Richtlinien für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Institutes	Juni 1995
R-008/d	Sicherheit der Bauwerke für Kernanlagen, Prüfverfahren des Bundes für die Bauausführung	Mai 1976
R-011/d	Strahlenschutzziele im Normalbetrieb von Kernanlagen	Mai 2003
R-012/d	Erfassung und Meldung der Dosen des strahlenexponierten Personals der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts	Okt. 1997
R-013/d	Inaktivfreigabe von Materialien und Bereichen aus kontrollierten Zonen (Freimessrichtlinie)	Feb. 2002
R-015/d	Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken	Dez. 2004
R-016/d	Seismische Anlageninstrumentierung	Feb. 1980
R-017/d	Organisation von Kernkraftwerken	Juni 2002
R-018/d	Aufsichtsverfahren bei Reparaturen, Änderungen und Ersatz von mechanischen Ausrüstungen in Kernanlagen	Dez. 2000
R-021/d	Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle	Nov. 1993
R-021/f	Objectifs de protection pour le stockage final des déchets radioactifs	Nov. 1993
R-023/d	Revisionen, Prüfungen, Ersatz, Reparaturen und Änderungen an elektrischen Ausrüstungen in Kernanlagen	Jan. 2003
R-025/d	Berichterstattung über den Betrieb der Kernanlagen des Bundes und der Kantone	Mai 2005
R-027/d	Auswahl, Ausbildung und Prüfung des lizenzpflichtigen Betriebspersonals von Kernkraftwerken	Mai 1992

Tabelle 10 (Fortsetzung)

Liste der schweizerischen Richtlinien

Hinweis: Alle Richtlinien sind zusätzlich auch auf dem Internet der HSK abrufbar.

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
R-029/d	Anforderungen an die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle	März 2004
R-030/d	Aufsichtsverfahren beim Bau und Betrieb von Kernanlagen	Juli 1992
R-031/d	Aufsichtsverfahren beim Bau und dem Nachrüsten von Kernkraftwerken, 1E klassierte elektrische Ausrüstungen	Okt. 2003
R-032/d	Richtlinie für die meteorologischen Messungen an Standorten von Kernanlagen	Sept. 1993
R-035/d	Aufsichtsverfahren bei Bau und Änderungen von Kernkraftwerken, Systemtechnik	Mai 1996
R-037/d	Anerkennung von Strahlenschutz - Ausbildungen und - Fortbildungen im Aufsichtsbereich der HSK	Juli 2001
R-039/d	Erfassung der Strahlenquellen und Werkstoffprüfer im Kernanlagenareal	Jan. 1990
R-040/d	Gefilterte Druckentlastung für den Sicherheitsbehälter von Leichtwasserreaktoren, Anforderungen für die Auslegung	März 1993
R-041/d	Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen	Juli 1997
R-042/d	Zuständigkeiten für die Entscheide über besondere Massnahmen bei einem schweren Unfall in einer Kernanlage	Feb. 2000
R-046/d	Anforderungen für die Anwendung von sicherheitsrelevanter, rechnerbasierter Leittechnik in Kernkraftwerken	April 2005
R-047/d	Prüfungen von Strahlenmessgeräten	Okt. 1999
R-048/d	Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken	Nov. 2001
R-049/d	Sicherheitstechnische Anforderungen an die Sicherung von Kernanlagen	Dez. 2003
R-050/d	Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen	März 2003
R-051/d	Alterungsüberwachung für mechanische und elektrische Ausrüstungen sowie Bauwerke in Kernanlagen	Nov. 2004
R-052/d	Transport- und Lagerbehälter (T/L-Behälter) für die Zwischenlagerung	Juli 2003
R-060/d	Überprüfung der Brennelementherstellung	März 2003
R-061/d	Aufsicht beim Einsatz von Brennelementen und Steuerstäben in Leichtwasserreaktoren	Juni 2004

Tabelle 10 (Fortsetzung)

Liste der schweizerischen Richtlinien

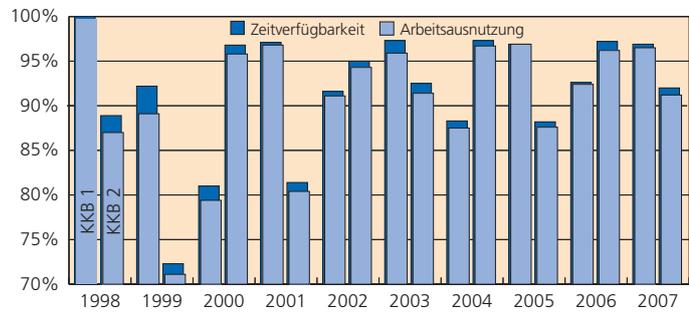
Hinweis: Alle Richtlinien sind zusätzlich auch auf dem Internet der HSK abrufbar.

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
R-100/d	Nachweis ausreichender Vorsorge gegen Störfälle in Kernkraftwerken (Störfall-Richtlinie)	Dez. 2004
R-101/d	Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasser-Reaktoren	Mai 1987
R-102/d	Auslegungskriterien für den Schutz von sicherheitsrelevanten Ausrüstungen in Kernkraftwerken gegen die Folgen von Flugzeugabsturz	Dez. 1986
R-103/d	Anlageninterne Massnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle	Nov. 1989

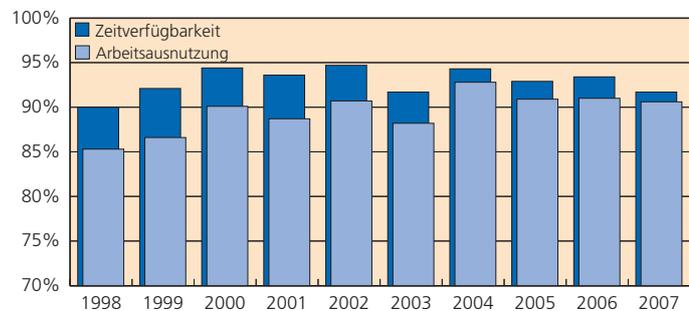
Figur 1

Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 1998–2007

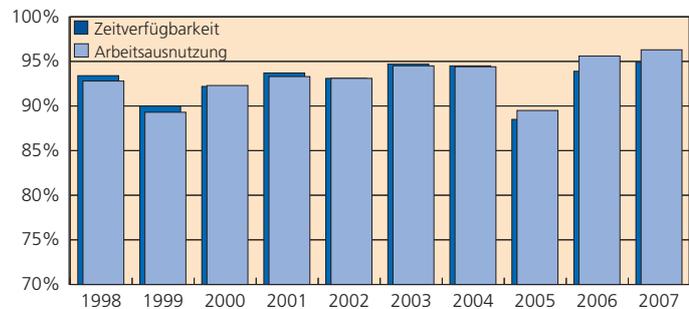
KKB 1, 2



KKM



KKG



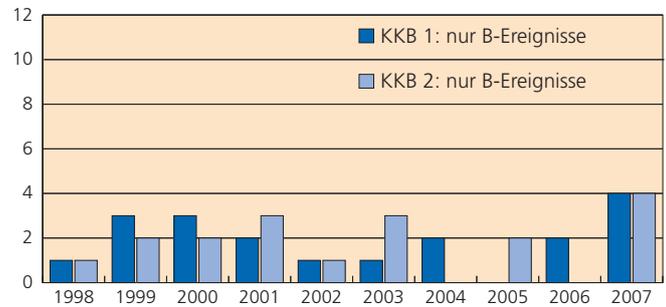
KKL



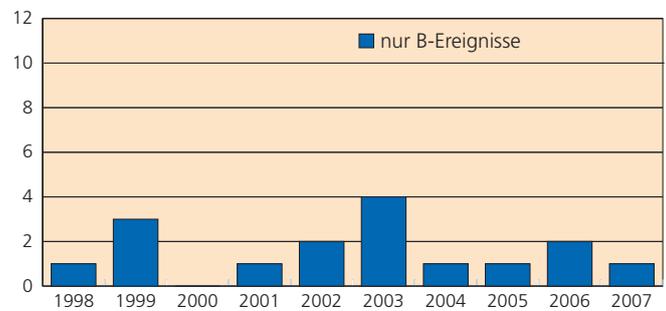
Figur 2

Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse, 1998–2007

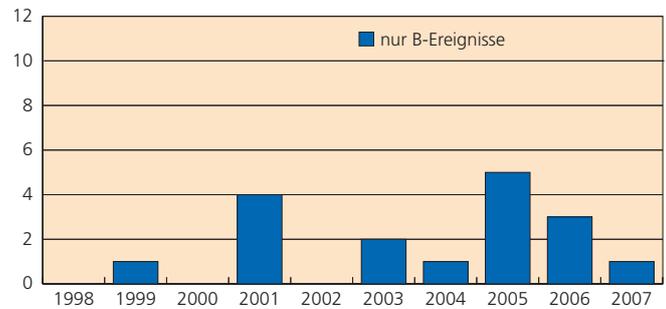
KKB 1, 2



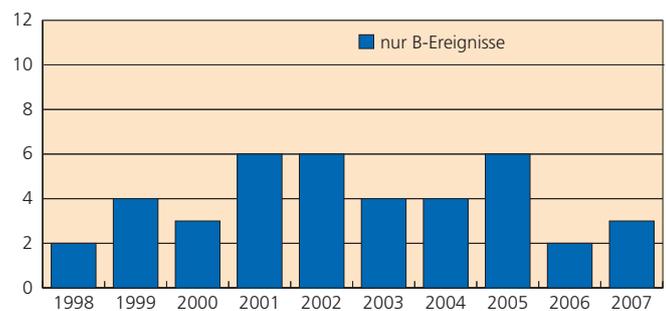
KKM



KKG



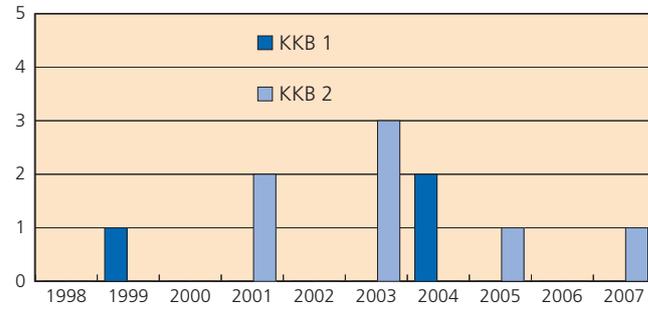
KKL



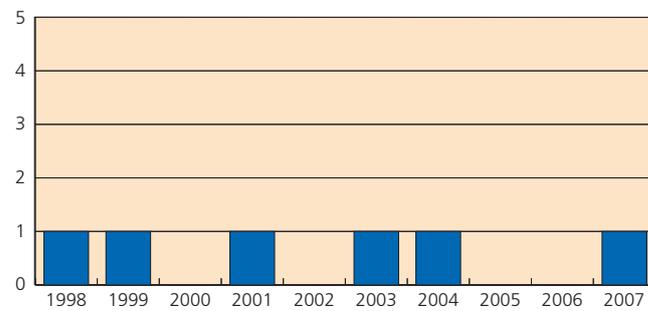
Figur 3

Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1998–2007

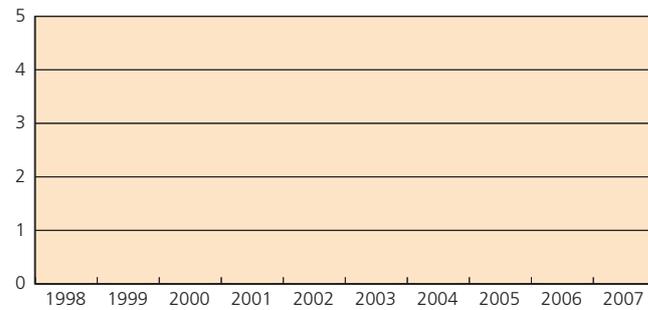
KKB 1, 2



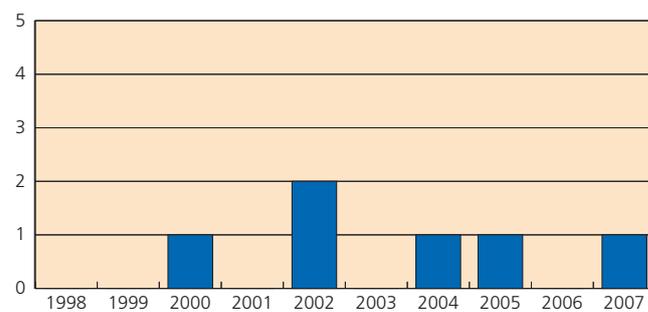
KKM



KKG



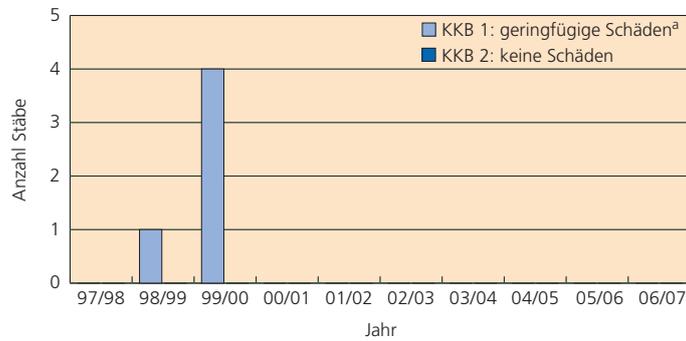
KKL



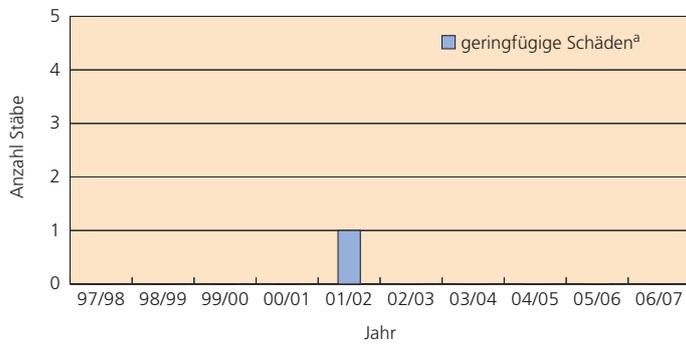
Figur 4

Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1997–2007

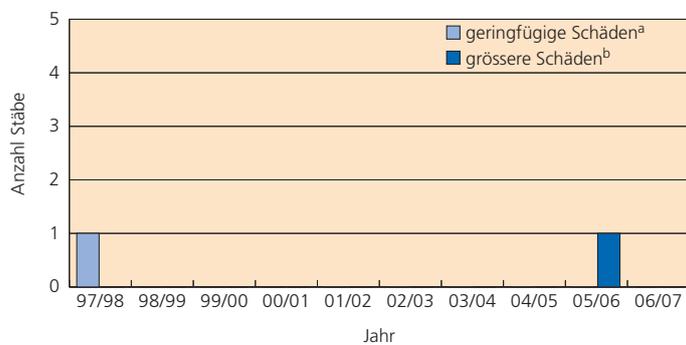
KKB 1, 2



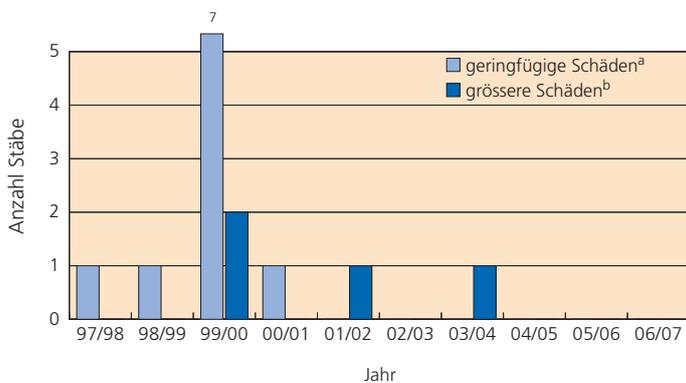
KKM



KKG



KKL

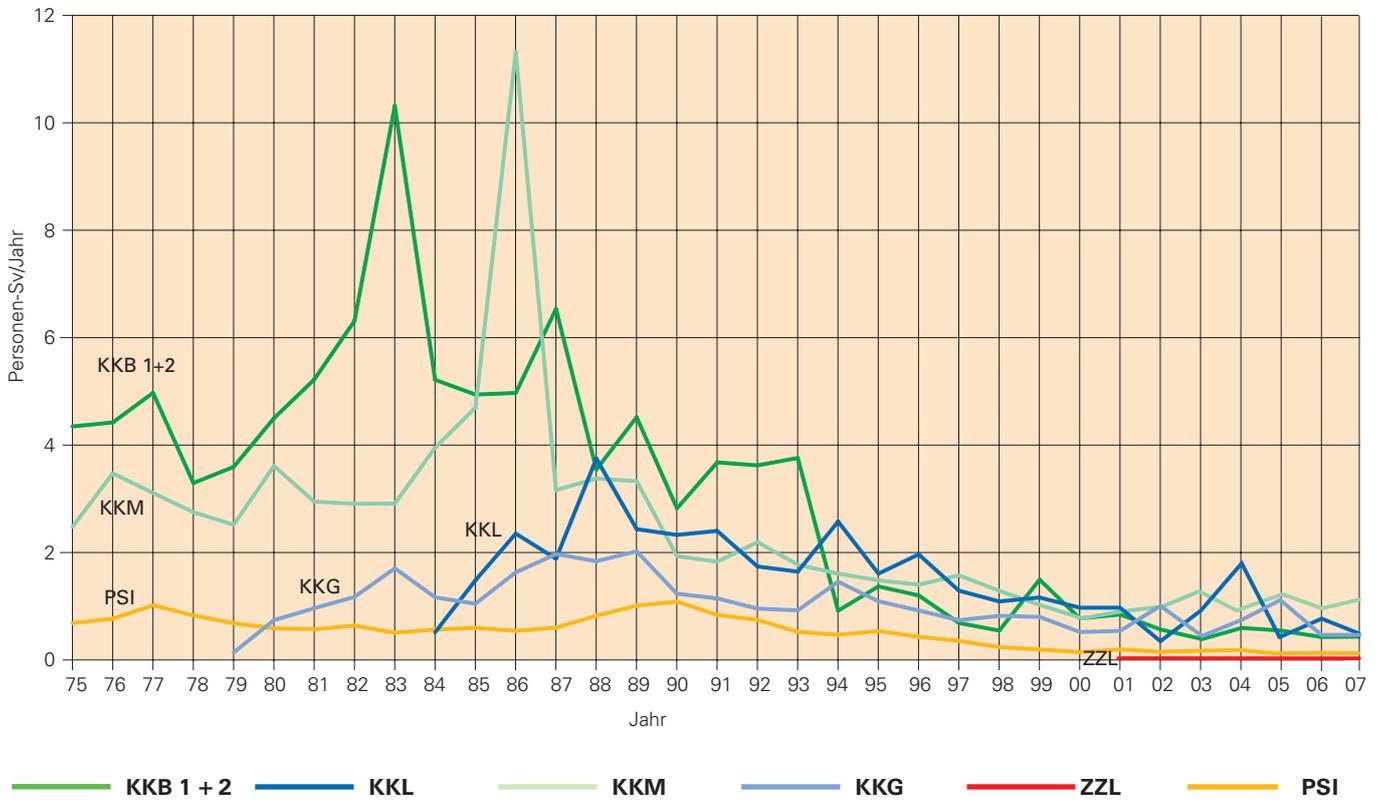


^a z.B. Haarrisse im Hüllrohr

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

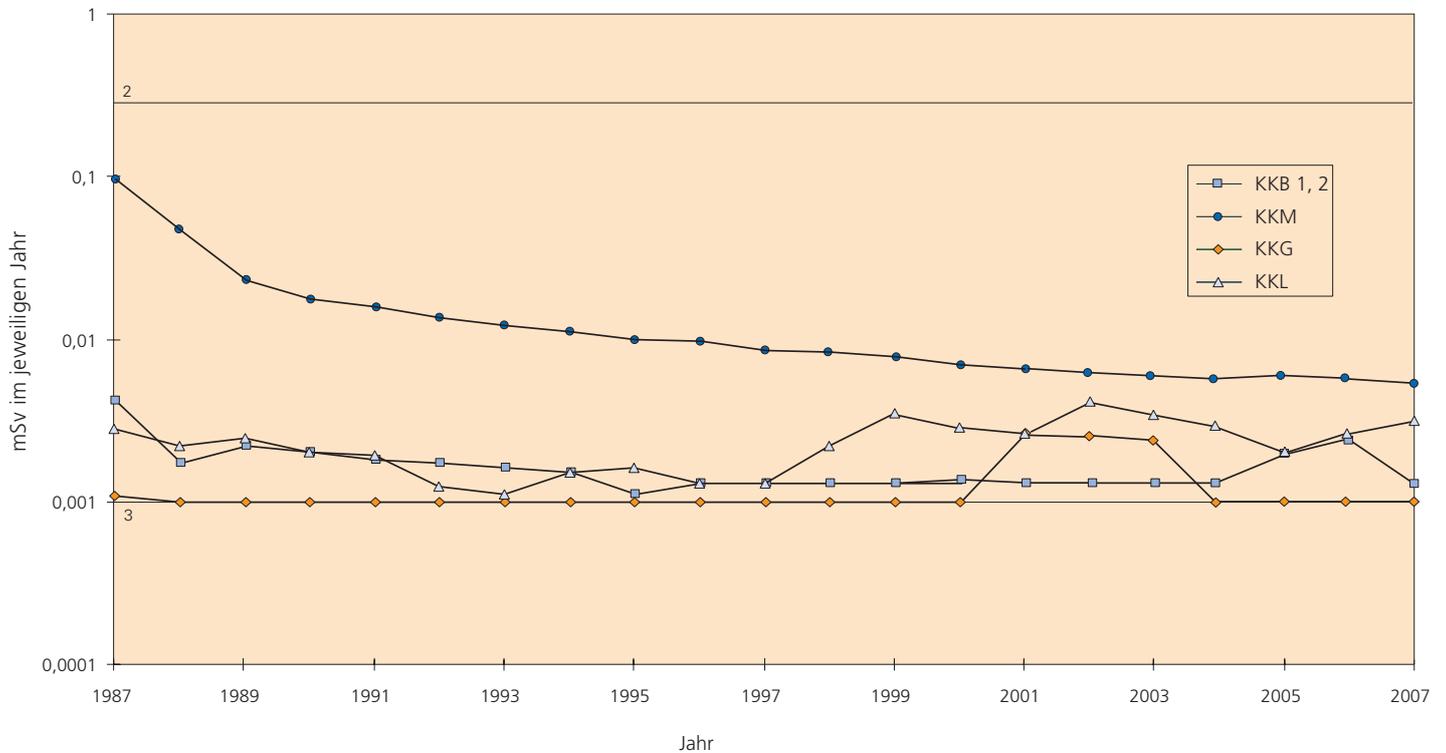
Figur 5

Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1975–2007



Figur 6

Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen¹ (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW



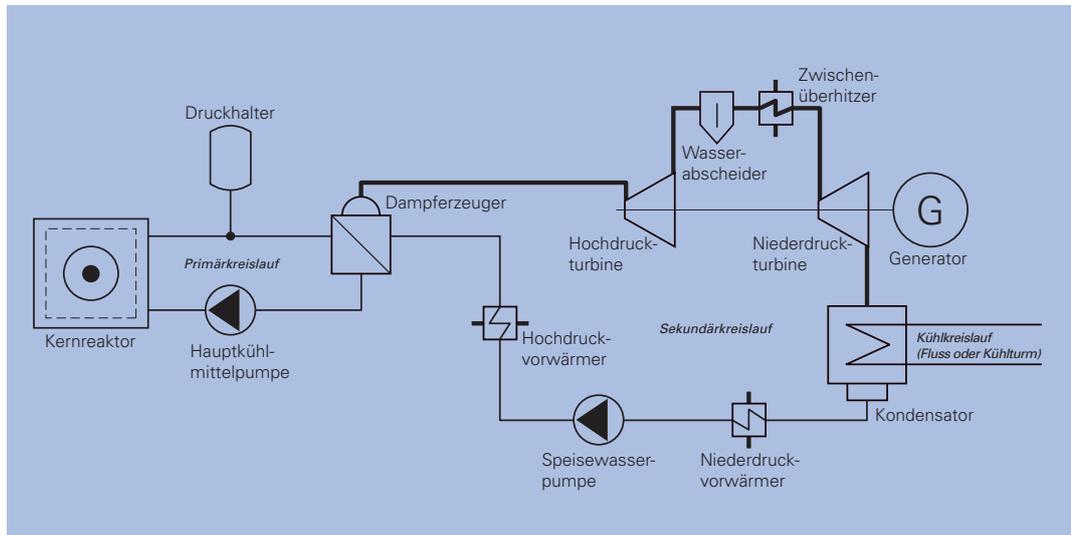
¹ Fiktive Person, die sich dauernd am kritischen Ort aufhält, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort bezieht und nur Trinkwasser aus dem Fluss unterhalb des jeweiligen Kernkraftwerkes konsumiert. An diesem Ort ist der Dosisbeitrag durch die Direktstrahlung aus den Kernanlagen vernachlässigbar.

² Quellenbezogener Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr (StSV Art. 7, HSK-Richtlinie R-11).

³ Werte kleiner als 0,001 mSv werden in der Figur nicht dargestellt.

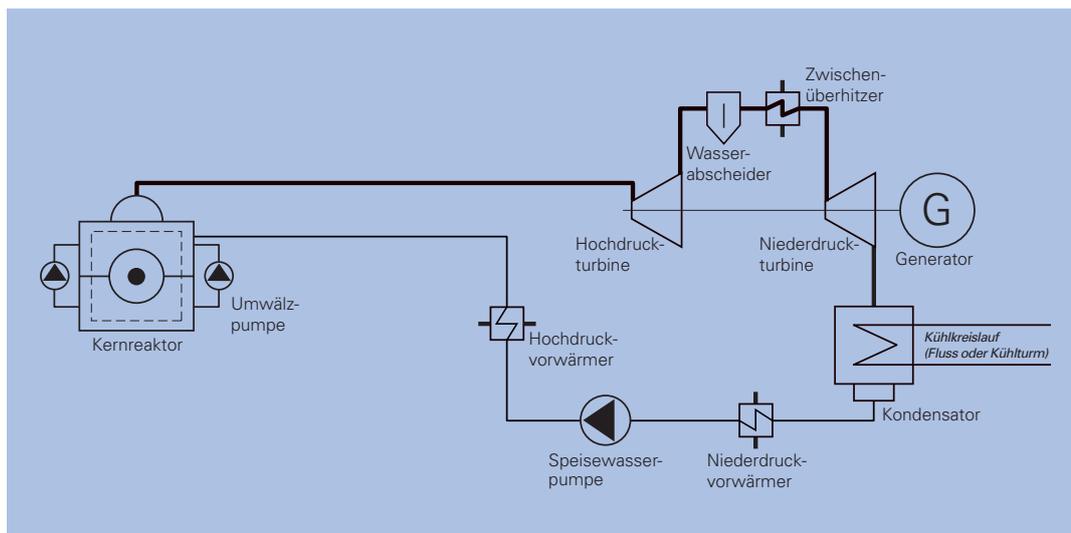
Figur 7a

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
AGT	Abfallgebindetypen
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 zur HSK
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
COGEMA	Compagnie Générale des Matières Nucléaires, La Hague
<hr/>	
DSK	Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen
DWR	Druckwasserreaktor
<hr/>	
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, Würenlingen
<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
MeV	Mega-Elektronenvolt = 10^6 Elektronenvolt
MGy	Mega-Gray = 10^6 Gray (1 Gray = 100 rad)
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MOX	Uran-Plutonium-Mischoxid
mSv	Millisievert = 10^{-3} Sievert
μSv	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
NSC	Convention on Nuclear Safety
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
<hr/>	
SAA	Schwachradioaktive Abfälle
SAMG	Severe Accident Management Guidance
SK	Sicherheitsklasse
SMA	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle
SOL	Sicherheit durch organisationales Lernen
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
ZZL	Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Impressum

HSK Aufsichtsbericht 2007

Herausgeber

Hauptabteilung für die Sicherheit
der Kernanlagen HSK
CH-5232 Villigen-HSK
Telefon ++41(0)56 310 38 11
Telefax ++41(0)56 310 39 95

zu beziehen bei

Hauptabteilung für die Sicherheit
der Kernanlagen HSK
Informationsdienst
CH-5232 Villigen-HSK
oder per E-Mail
Infodienst@hsk.ch

Übersetzungen

Dieser Aufsichtsbericht enthält das Vorwort
und die Zusammenfassung in den Sprachen
Deutsch, Französisch und Englisch.

Zusätzlich zu diesem Aufsichtsbericht...

...informiert die HSK in drei weiteren
jährlichen Berichten aus ihrem Arbeits-
und Aufsichtsgebiet.

abrufbar unter

www.hsk.ch

HSK-AN-6500

ISSN 1661-2876

© HSK, April 2008